

# **PMR-NCV Jaarrapport Vogels 2014**

## **Voortgang onderzoek sterns & zee-eenden in de Voordelta en Delta**

M.J.M. Poot  
R.C. Fijn  
T.J. Boudewijn  
C. Heunks  
J. de Jong

W. Courtens  
H. Verstraete  
N. Vanermen  
E.W.M. Stienen

P.A. Wolf  
M.S.J. Hoekstein  
S.J. Lilipaly



**Bureau Waardenburg bv**  
Ecologie & landschap

Postbus 365 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49  
E-mail [info@buwa.nl](mailto:info@buwa.nl) [www.buwa.nl](http://www.buwa.nl)



**inbo**  
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek



**DELTA**  
INTERMEDIAIR  
ECOLOGIE EN MILIEU



## PMR-NCV Jaarrapport Vogels 2014

### Voortgang onderzoek sterns & zee-eenden in de Voordelta en Delta

M.J.M. Poot, R.C. Fijn, T.J. Boudewijn, C. Heunks, J. de Jong, W. Courtens, H. Verstraete, N. Vanermen, E.W.M. Stienen, P.A. Wolf, M.S.J. Hoekstein, S.J. Lilipaly

#### Status uitgave: concept

Rapportnummer:	15-084
Projectnummer:	13-757
Datum uitgave:	21 mei 2015
Projectleider:	drs. M.J.M. Poot/T.J. Boudewijn/R.C. Fijn
Naam en adres opdrachtgever:	IMARES Postbus 68- 1970 AB IJmuiden
Referentie opdrachtgever:	Overeenkomst van onder-opdracht - briefnr. 14.IMA0766 HvhG – bc /23 september 2014
Akkoord voor uitgave:	drs. C. Heunks



#### Paraaf:

Graag citeren als: Poot, M.J.M., R.C. Fijn, T.J. Boudewijn, C. Heunks, J. de Jong, W. Courtens, H. Verstraete, N. Vanermen, E.W.M. Stienen, P.A. Wolf, M.S.J. Hoekstein & S.J. Lilipaly 2015. PMR-NCV Jaarrapport Vogels 2014 - Voortgang onderzoek sterns & zee-eenden in de Voordelta en Delta. Bureau Waardenburg Rapportnr. 15-084. Bureau Waardenburg, Culemborg.

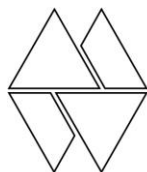
Trefwoorden: Natuurcompensatie, Tweede Maasvlakte, zwarte zee-eend, grote stern, visdief, vliegtuigtellingen, voedsel生态学, enclosure, kolonie, GPS-loggers

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv. Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / IMARES

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervoelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001:2008.



### **Bureau Waardenburg bv**

Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Postbus 365 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 51 27 10  
info@buwa.nl www.buwa.nl



## Dankwoord

Het onderzoek in de sternkolonies in het Haringvliet, Grevelingen en de Maasvlakte was alleen mogelijk door de fantastische ondersteuning vanuit de terreinbeherende organisaties Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en het Havenbedrijf Rotterdam. Zij worden van harte bedankt voor alle medewerking om het onderzoek in 'hun' kolonies mogelijk te maken. Specifiek willen wij de volgende personen danken;

Scheelhoek - Natuurmonumenten; Matthijs Broere, Gert de Groot, Jan de Roon, Han Meerman en Wouter van Steenis.

Slijkplaat - Staatsbosbeheer; Nico de Bruin, Ronald in het Veld en Aad Wesdorp.

Markenje – Staatsbosbeheer; Kees de Lange, William van der Hulle, Sander Terlouw.

Bovengenoemde personen hebben veel bijgedragen om de logistieke uitdagingen te overwinnen bij het koloniewerk. Daarnaast werd tijdens het koloniewerk op Markenje assistentie verkregen van Kees de Kraker en Krijn Tanis.

Peter Reinhout van Zeeland Air verzorgde de surveyvluchten en we bedanken hem voor de altijd soepele houding bij het organiseren van de tellingen en de veilige uitvoering.

Verder danken wij alle collega's van het onderzoekconsortium die onder de vlag van IMARES met ons meedachten, gegevens en inzichten uitwisselden en ons inspireerden.

Veel dank ook aan de projectbegeleiders Theo Prins en Gerard van der Kolf vanuit Deltares en Mennobart van Eerden en Kees Borst vanuit de opdrachtgever Rijkswaterstaat voor de altijd constructieve begeleiding.



# Inhoud

Dankwoord .....	3
Samenvatting .....	9
1 Inleiding.....	11
1.2 Achtergrond onderzoek effectiviteit natuurcompensatie bij vogels.....	11
1.2.1 Achtergrond zwarte zee-eenden .....	12
1.2.2 Achtergrond sterns .....	13
1.2 Overzicht en uitvoering onderzoekmodulen vogels.....	14
1.3 Beantwoorden van Monitoring en Evaluatie Programma- of MEP-vragen.....	17
1.3.1 Hoofdvragen MEP evaluatievraag 2 (zee-eenden).....	18
1.3.2 Hoofdvragen MEP evaluatievraag 3 (grote stern) en 4 (visdief) .....	20
1.4 Overzicht relatie onderzoekvragen en onderzoekmodulen .....	24
1.4.1 Zee-eenden.....	24
1.4.2 Sterns.....	26
1.5 Leeswijzer.....	27
2 Materiaal en methoden .....	29
2.1 Zee-eenden.....	29
2.1.1 Voorkomen binnen de Voordelta: vliegtuigtellingen Voordelta .....	29
2.1.2 Voorkomen Nederland: vliegtuigtellingen Noordzeekust van Waddeneilanden .....	29
2.1.3 Gedrag: dagelijks gebruik Voordelta .....	30
2.1.4 Voedsel: dieet zwarte zee-eend en aanvullend voedselonderzoek.....	30
2.2 Sterns.....	31
2.2.1 Broedparen en broedsucces van grote sterns en visdieven in de Delta.....	31
2.2.2 Aantallen en verspreiding van sterns in de Voordelta .....	32
2.2.3 Onderzoek naar broedbiologie en voedsel生态学 van grote stern en visdief in de kolonies in het Deltagebied.....	32
2.2.3.1 Broedsucces en kuikenconditie .....	32
2.2.4 Onderzoek naar gebiedsgebruik Voordelta en gedrag grote sterns met behulp van GPS-loggers .....	38
3 Resultaten zee-eenden.....	40
3.1 Vliegtuigtellingen Voordelta .....	40
3.2 Vliegtuigtellingen Noordzeekust Waddeneilanden - referentie.....	44
3.3 Informatie over het voorkomen van zee-eenden buiten Nederland .....	47
4 Resultaten sterns .....	49

4.1	Broedparen en broedsucces van sterns in de gehele Delta .....	49
4.1.1	Grote stern .....	49
4.1.2	Visdief .....	53
4.2	Vliegtuigtellingen.....	56
4.2.1	Grote stern .....	56
4.2.2	Visdief .....	59
4.3	Koloniewerk – broedecologie.....	61
4.3.1	Grote stern .....	63
4.3.1.a	Broedbiologische parameters grote stern 2009-2014.....	63
4.3.1.b	Oorzaken en verklaringen .....	64
4.3.2	Visdief .....	66
4.3.2.a	Broedbiologische parameters visdief 2009-2014 .....	66
4.3.2.b	Oorzaken en verklaringen .....	67
4.4	Koloniewerk – conditie sterns .....	70
4.4.1	Conditie grote sterns .....	70
4.4.1.a	Kuikens .....	70
4.4.1.b	Adulten.....	72
4.4.2	Conditie visdieven .....	72
4.4.2.a	Kuikens .....	72
4.4.2.b	Adulten.....	73
4.5	Koloniewerk – Voedselecologie sterns .....	74
4.5.1	Dieet en foerageergedrag grote stern.....	76
4.5.1.a	Dieetsamenstelling adulte grote sterns.....	76
4.5.1.b	Dieetsamenstelling kuikens grote stern .....	78
4.5.1.c	Prooilengte- en aanvoer kuikens grote sterns .....	81
4.5.1.d	Vergelijking dieet adulte en kuikens grote sterns op basis van gedetailleerde samples .....	86
4.5.2	Voedselecologie visdief .....	92
4.5.2.a	Dieetsamenstelling kuikens visdief.....	92
4.6	Gebiedsgebruik en gedrag grote sterns via GPS-logger onderzoek .....	93
5	Samenvatting van de bevindingen in 2014 .....	103
5.1	Algemeen .....	103
5.2	Zee-eenden.....	103
5.3	Sterns.....	104
6	Literatuur.....	105



BIJLAGE 1: Eidereenden in de Voordelta.....	109
BIJLAGE 2: Lot en predatiekans van sternenuikens en -eieren .....	110



## Samenvatting

Door de aanleg van de Tweede Maasvlakte is voor vogels potentieel leef- en foerageergebied verloren gegaan in het Natura 2000-gebied Voordelta. Om de negatieve effecten te compenseren zijn rustgebieden aangewezen en is een bodembeschermingsgebied ingesteld. Het onderzoek beschreven in dit rapport is bedoeld om het effect van de compensatiemaatregelen in de Voordelta (de instelling van de rustgebieden en het bodembeschermingsgebied) op het voorkomen van zwarte zee-eenden en sterns te bestuderen.

Dit rapport is een technisch voortgangsdokument waarin de meest recente en niet eerder gepubliceerde resultaten verkregen in 2013 en 2014 van het onderzoek aan zee-eenden en sterns in de Voordelta en Zuidhollandse en Zeeuwse Delta worden gerapporteerd. In dit rapport zijn ook onderzoeksresultaten vanaf de start van het project in maart 2009 te vinden.

### *Zee-eenden*

In de periode oktober 2013 t/m mei 2014 waren tot maximaal ca. 1.100 zwarte zee-eenden in de Voordelta aanwezig. Dit resultaat past in het algemene beeld dat gedurende de T1 de Voordelta steeds minder belangrijk is geworden als overwinteringsgebied. De referentietellingen in maart en april 2014 van de Noordzeekustzone langs de Waddeneilanden liet op beide momenten een opmerkelijk verspreidingsbeeld zien waarbij verstoring door menselijke invloed een prominente rol lijkt te hebben gehad. De aantallen vogels gebruikmakend van de rustgebieden in de Voordelta in het seizoen 2013/2014 passen in het lange termijn beeld van lagere overwinterende aantallen binnen beide ingestelde rustgebieden ten opzichte van de T0.

### *Sterns*

In 2014 was een grote kolonie grote sterns (3.090 broedparen) gevestigd op de Slijkplaat, midden in het Haringvliet. Een kleinere kolonie (330 broedparen) was aanwezig op Markenje in de Grevelingen. In beide kolonies werd een hoog broedsucces behaald. Dit komt mede doordat de voedselsituatie gunstig was. De grote sterns waren hierdoor in staat, hoewel broedend op een eiland veel verder van de Voordelta dan in eerdere jaren, tot een goed broedsucces te komen. Het onderzoek met behulp van GPS-loggers heeft laten zien dat de foerageervluchten voor de jongen niet alleen binnen het Natura 2000-gebied Voordelta blijven.

In 2014 werd ook bij de visdief het hoogste broedsucces sinds het begin van het onderzoek genoteerd. Dit was het gevolg van een combinatie van zowel de hoogste legselgrootte, uitkomstsucces als uitvliegsucces, die tot nu toe werden gemeten.



# 1 Inleiding

Na een uitgebreid evaluatierapport over de periode 2009-2013 is het voorliggende rapport een beperkte jaarrapportage van het onderdeel 'Vogels' in het kader van het project PMR-NCV. Dit rapport is een technisch voortgangsdokument waarin de meest recente en niet eerder gepubliceerde resultaten verkregen in 2013 en 2014 van het onderzoek aan zee-eenden en sterns in de Voordelta en Zuidhollandse en Zeeuwse Delta worden gerapporteerd. De jongste bevindingen verkregen in 2013 en 2014 worden veelal gepresenteerd met de reeks onderzoeksresultaten vanaf de start van het project in maart 2009, waarmee een totaaloverzicht wordt verkregen met betrekking tot trends, voor een deel van de data zelfs teruggaand tot tijdens de nulmeting (2004-2006). Een uitgebreide analyse met gegevens uit de andere onderzoekspcelen (benthos, vis, abiotiek en menselijk gebruik) valt buiten de scope van dit rapport.

Het onderzoek naar vogels spitst zich toe op zwarte zee-eend en sterns (grote stern en visdief). Daarnaast wordt er ook informatie verzameld over eiders en aalscholvers in de Voordelta. De informatie over deze soorten wordt in de bijlagen gepresenteerd. In deze rapportage wordt voor elke soortgroep een uitgebreide rapportage gegeven op basis van de verschillende onderzoekmodules binnen elke soortgroep.

Allereerst wordt hieronder de achtergrond geschetst van het vogelonderzoek aan zee-eenden en sterns in het kader van de Natuurcompensatie voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte (paragraaf 1.2), waarna een algemeen overzicht wordt gegeven van het onderzoeksprogramma 'Vogels' (paragraaf 1.3). Daarna wordt in paragraaf 1.4 ingegaan op de specifieke vragen (zogenaamde Monitoring en Evaluatie Programma- of MEP-vragen) die in het kader van de monitoring van de effectiviteit van de natuurcompensatie voor de Tweede Maasvlakte zijn opgesteld en waar het vogelonderzoek antwoorden op moet geven.

Aan het eind van elke soortgroep zal in het kort aangegeven worden welke informatie in relatie tot de te beantwoorden MEP-vragen verkregen is en welke conclusies getrokken kunnen worden in relatie tot deze vragen. In deze jaarrapportage heeft geen integratie met de gegevens uit de andere onderzoekspcelen benthos, vis, abiotiek en menselijk gebruik plaatsgevonden. Dit zal in een latere fase in 2016 plaatsvinden.

## 1.2 Achtergrond onderzoek effectiviteit natuurcompensatie bij vogels

Door de aanleg van de Tweede Maasvlakte is potentieel leef- en foerageergebied van de zwarte zee-eend verloren gegaan in het Natura 2000-gebied Voordelta. Dit is in de Passende Beoordeling als een significant negatief effect beoordeeld. Om dit negatieve effect te compenseren zijn rustgebieden aangewezen en is een bodembeschermingsgebied ingesteld. De verwachting is dat door deze twee maatregelen de (potentiële)

leef- en foerageerfunctie van de Voordelta voor zwarte zee-eenden en sterns wordt hersteld naar de situatie van vóór de aanleg van de Tweede Maasvlakte. Om dit te testen is bij de aanvang van het onderzoeksprogramma een set vragen (MEP-vragen) opgesteld voortvloeiend uit de compensatieopgave, zoals beschreven in de Natuurbeschermingswetvergunning voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte.

Het onderzoek beschreven in dit rapport is bedoeld om het effect van de compensatiemaatregelen in de Voordelta (de instelling van de rustgebieden en het bodembeschermingsgebied) op het voorkomen van zwarte zee-eenden en sterns te bestuderen. Hiermee wordt getracht de vraag te beantwoorden of veranderingen in het voorkomen van zwarte zee-eenden en sterns in de Voordelta gerelateerd kunnen worden aan het instellen van de rustgebieden en het bodembeschermingsgebied en de daarmee veronderstelde, samenhangende veranderingen in respectievelijk de verstoringen- en de voedselsituatie.

### 1.2.1 Achtergrond zwarte zee-eenden

Zwarte zee-eenden foerageren op kleine tweekleppigen ingegraven in de zeebodem. De prooien worden in principe onder water in hun geheel ingeslikt en in de maag gekraakt, waarbij de schelpresten uitgepoept worden. Tot in de jaren negentig van de vorige eeuw was de halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata* de belangrijkste prooi-soort (Leopold 1996). Sinds ruim tien jaar is Amerikaanse zwaardschede *Ensis directus* de dominante tweekleppige in de Nederlandse kustzone en zijn ook de zwarte zee-eenden deze prooi gaan eten. *Ensis* als prooi lijkt niet optimaal voor zwarte zee-eenden, aangezien de vogels zich beperken tot de kleinste individuen (kleiner dan 9 cm, Leopold & Wolf 2003, Tulp *et al.* 2010).

Zwarte zee-eenden kunnen efficiënt foerageren tot een maximale diepte van 20 m, maar doorgaans komen zij in ondiepere gebieden voor. De zwarte zee-eend is daarmee een karakteristieke vogelsoort van ondiepe kustzones. Ze kunnen in grote groepen van vele duizenden vogels bij elkaar voorkomen in die gebieden waar hun prooien in zogenaamde banken in voldoende hoge dichtheden voorkomen. Wanneer de prooi te groot blijkt, wordt hij bij uitzondering mee omhoog naar het wateroppervlak gebracht om daar te worden opgepeuzeld. Het risico bestaat dan wel dat de prooi afgepakt wordt door kleptoparasiterende meeuwen.

De zwarte zee-eenden broeden op meren in de Arctis, waarmee de soort vooral een overwinteraar is voor de Nederlandse kust. De grootste aantallen overwinteren binnen Nederland in de ondiepe kustzone voor de Waddeneilanden (Leopold *et al.* 1995). De Voordelta is een tweede concentratiegebied dat mede voor deze soort is aangewezen als Natura 2000-gebied. De kern van het overwinteringsgebied van de Euroaziatische populatie ligt noordelijk van ons land; in Denemarken en oostelijk Duitsland. Zwarte zee-eenden komen zuidelijk tot aan de kusten van Portugal en Marokko voor. Tijdens de najaars- en voorjaarstrek passeren deze vogels de Voordelta.

Tegenwoordig zijn de aantallen die in de Voordelta overwinteren lager dan ten tijde van de aanwijzing van het gebied als Natura 2000-gebied en wordt met name tijdens de voorjaartrek de hoogste aantalspiek bereikt (Poot *et al.* 2006). Een klein deel van de vogels kan ook in het zomerhalfjaar blijven hangen. Het betreft hier dan veelal onvolwassen vogels die nog niet deelnemen aan het broedproces.

Zwarte zee-eenden staan er om bekend gevoelig te zijn voor verstoring, met name door gemotoriseerd vaarverkeer. Afhankelijk van het weer kunnen vogels op afstanden van meer dan een kilometer opvliegen voor een naderend schip (Krijgsveld *et al.* 2010).

#### *Maatregel instellen rustgebieden*

Het instellen van de rustgebieden heeft tot doel binnen de Voordelta de verstoring van zwarte zee-eenden te verminderen, omdat dit mogelijk een van de beperkende factoren is voor het voorkomen van de soort en uiteindelijk bepalend is voor het jaarlijkse aantal vogeldagen van deze soort in het Natura 2000-gebied Voordelta. De zwarte zee-eenden in de Voordelta foerageren op kleine tweekleppige schelpdieren die ingegraven leven in de bodem van de Voordelta. De verwachting is dat de instelling van rustgebieden voornamelijk voor zwarte zee-eenden een positieve uitwerking zal hebben.

#### *Maatregel instellen bodembeschermingsgebied*

Het instellen van het bodembeschermingsgebied heeft als doel de bodemberoering door de grote boomkorvisserij te stoppen en daarmee de negatieve invloeden hiervan op de bodemfauna. Het effect hiervan is dat ter plaatse de voedselsituatie voor de zwarte zee-eenden verbetert, hetgeen tot uiting komt in de aanwezigheid en uiteindelijk in het jaarlijkse aantal vogeldagen van de zwarte zee-eend in de Voordelta.

### **1.2.2 Achtergrond sterns**

Sterns staan erom bekend dat ze vrij kieskeurig zijn als het gaat om de keuze van prooi-soorten en -lengtes. Vooral grote sterns zijn erg specialistisch als het op voedselkeuze aankomt (Brenninkmeijer & Stienen 1992, Stienen & Brenninkmeijer 1992). Onder de zeevogels worden dergelijke voedselspecialisten algemeen beschouwd als goede indicator-soorten voor de beschikbaarheid en de kwaliteit van hun voedsel en de 'gezondheid' van het mariene milieu (o.a. Parsons *et al.* 2008, Stienen *et al.* 2013). Voor veel zeevogelsoorten werd bijvoorbeeld een positieve relatie gevonden tussen het voedselaanbod/-kwaliteit en het aantal broedparen, de groei van de kuikens of het uiteindelijke broedsucces (Parsons *et al.* 2008). Sterns zijn niet alleen voedselspecialisten, maar tijdens het broedseizoen is de foerageerrange vanaf de broedkolonie bovendien relatief beperkt (bij visdief tot maximaal 10 km en bij grote stern tot ongeveer 60 km). Hierdoor bepaalt de voedselbeschikbaarheid in de omgeving van de kolonie sterk de samenstelling van het dieet en daarmee de voedselkwaliteit (prooilengtes, aandeel energierijke prooien) van de kuikens en de adulte vogels. Vaak heeft dit ook een effect op de broedprestaties.

Van grote stern (Stienen 2006) en visdief (Meininger *et al.* 2000) is bekend dat de fluctuaties in het aantal broedparen in Nederland worden bepaald door veranderingen in de aanwezigheid van een van hun belangrijkste prooi-soorten, namelijk haring *Clupea harengus*. Bij grote sterns die in de Waddenzee broeden bepaalt het aandeel haringachtigen in het kuikendieet en de lengte van de aangevoerde prooien de kans dat de prooien daadwerkelijk worden opgegeten en de tijd dat de oudervogels spenderen aan foerageren (Stienen, 2006). In Zeebrugge werd een positieve relatie gevonden tussen het percentage haringachtigen in het dieet van de adulten en het uitvliegsucces van hun kuikens (Vanaverbeke *et al.* 2007). Ook werd in Zeebrugge een positieve relatie gevonden tussen het aandeel haringachtigen van 5 tot 8 cm en het uitvliegsucces van kuikens van grote stern en van visdief (Vanaverbeke *et al.* 2011).

Bij aanvang van het onderzoek bestond er weinig specifieke kennis over de voedselsamenstelling en het foerageergedrag van grote stern en visdief in het noordelijk Deltagebied (Meininger *et al.* 2000). Hierdoor was het onmogelijk om op voorhand de effecten van de aanleg van de Tweede Maasvlakte en het instellen van het Bodembeschermingsgebied juist in te schatten. Bovendien kunnen een aantal andere intrinsieke factoren (zoals predatie, overstroming en vegetatie) en de weersomstandigheden sterk de broedprestaties van de sterns beïnvloeden. Bovenstaande was aanleiding om het onderhavige onderzoek in de broedkolonies te concentreren op broedbiologische en voedsel-ecologische variabelen en eventuele relaties ertussen.

Het onderzoek richtte zich daarom enerzijds op het vergaren van basiskennis over het dieet van kuikens (procentuele soort-samenstelling, prooilengtes, energetische waarde, foerageerduur) in enkele kolonies in de nabijheid van de Tweede Maasvlakte. Ook het dieet van de oudervogels werd onderzocht. Dat laatste werd gedaan omdat van andere kolonies bekend was dat het dieet van adulten een sterk verschillende samenstelling heeft van dat van kuikens en dit zowel naar prooi-soorten als naar de lengteverdeling van de prooien van hun kuikens (Vanaverbeke *et al.* 2007).

Tevens werd in diezelfde kolonies systematisch onderzoek verricht naar de broedprestaties van de sterns. Daarvoor werden jaarlijks in enkele kolonies gegevens verzameld over de legselgrootte, het uitkomst-succes van de eieren, en de groei en overleving van de kuikens. Tenslotte werd onderzocht in hoeverre intrinsieke factoren (zoals predatie, overstroming en vegetatie) en de weersomstandigheden de broedprestaties van de sterns beïnvloeden.

## **1.2 Overzicht en uitvoering onderzoekmodulen vogels**

Ten opzichte van de nulmeting wordt in de effectmeting uitvoeriger ecologisch onderzoek uitgevoerd om een verklaring te kunnen geven voor eventuele aantalveranderingen in de loop van de tijd. Bij sterns worden uitvoerig de



broedbiologie en de voedsel生态学 in enkele kolonies in de Delta gevolgd, omdat deze vogels in de Voordelta foerageren en rusten. Het reilen en zeilen van de kolonies binnendijks is direct gekoppeld aan het voorkomen en gedrag in de Voordelta. Bij zwarte zee-eenden wordt ingezoomd op het vergaren van kennis over het dieet en gedrag van de vogels.

In de onderhavige rapportage worden de tot nu toe verkregen resultaten gepresenteerd aan de hand van de hieronder genoemde onderzoekmodules. Voor de verschillende onderzoekmodules per soortgroep (respectievelijk zee-eenden en sterns) wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken tot en met augustus 2014.

Voor zee-eenden (zwarte zee-eend en eider) betreft het de volgende onderzoekmodules:

- 1 vliegtuigtellingen Voordelta (monitoring van aantallen en verspreiding, in relatie tot het gebruik van de ingestelde rustgebieden in de Voordelta);
- 2 vliegtuigtellingen Noordzeekust Waddeneilanden (monitoring van het gebied waar de grootste aantallen van Nederland voorkomen, bedoeld als referentie maar tevens relevant in verband met uitwisseling);
- 3 dagpatronen en gebiedsgebruik (aanvullende waarnemingen van gedrag en vliegbewegingen om verspreidingspatronen en aantalsverloop beter te verklaren, met name in relatie tot menselijk gebruik en voedselaanbod);
- 4 dieetonderzoek (bepaling van prooi-soorten en grootte-selectie, speciaal onderzoek naar beschikbare prooi door middel van duikers op plekken waar zee-eenden foerageren).

In het 'tussenjaar' 2014 zijn ten aanzien van zee-eenden modules 1 en 2 uitgevoerd.

Voor de sterns bestaan de volgende onderzoekmodules:

- 1 vliegtuigtellingen Voordelta (monitoring van aantallen en verspreiding, zowel van rustende vogels in de rustgebieden op de platen tijdens laagwater als van foeragerende vogels op open zee);
- 2 broedecologie (broedsucces van jaar op jaar, monitoring van de opgroeicondities van jonge sterns en monitoring van predatie en andere factoren die van invloed zijn op broedsucces);
- 3 dieet en foerageergedrag (waarnemingen van aangebrachte vis aan de jonge sterns en fecesmonsters van adulte sterns in de kolonie);
- 4 gebiedsgebruik en foerageergedrag bepaling met behulp van gezenderde sterns (vaststellen van actieradius en gebiedsgebruik in de Voordelta (rusten vs. foerageren) van vogels uit de broedkolonies in de Delta).

In het 'tussenjaar' 2014 zijn ten aanzien van sterns modules 2 tot en met 4 uitgevoerd. In 2013 is module 1 wel uitgevoerd, maar hierover was nog niet eerder gerapporteerd. Dat gebeurt in deze rapportage.

Vanaf het begin van de effectmeting zijn tijdens de tellingen in de Voordelta ook gegevens verzameld van aalscholvers. Omdat deze soort in een grote kolonie in het Breede Water op Voorne broedt, foerageren grote aantallen in de Voordelta en gebruiken ze de platen om te rusten. Zij profiteren net als sterns en zeehonden van de instelling van de platen als rustgebieden. Omdat aalscholvers wijd verspreid en in grote aantallen voorkomen, kunnen zij indicator zijn van verstoringen op deze platen. Tevens kunnen zij door hun demersale visdieet een indicator zijn voor de veranderingen die zich, al dan niet onder invloed van de natuur-compenserende maatregelen, in de visgemeenschap voordoen, de reden waarom deze soort binnen het PMR-NCV kader toegevoegd is aan de onderzoeksdoelen.

Voor de aalscholvers zijn in 2013 via de vliegtuigtellingen Voordelta weer gegevens verzameld over aantallen en verspreiding, zowel van rustende vogels in de rustgebieden op de platen tijdens laagwater als van foeragerende vogels op open zee.

#### *Verantwoording van de uitvoering en gegevensbronnen vogeldata*

Het onderzoek naar de broedecologie en de voedsel生态学 van sterns die broeden in het Haringvliet (grote stern en visdief), in de Grevelingen (grote stern en visdief) en op de Maas-vlakte (visdief) werd uitgevoerd door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) gevestigd te Brussel, België. Met behulp van enclosures werden op een gedetailleerde manier broedsucces en groei van de kuikens gevolgd. Door middel van directe observaties vanuit een schuilhut werd de voedselaanvoer naar de kuikens van grote stern en visdief bestudeerd. In aanvulling daarop werd informatie over de voedselkeuze van oudervogels verzameld door analyse van hun feces. Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en het Havenbedrijf Rotterdam worden van harte bedankt voor alle medewerking om het onderzoek in 'hun' kolonies mogelijk te maken. Helaas kregen we net zoals in eerdere jaren geen toestemming om een schuilhut te plaatsen op Markenje en moest worden volstaan met een wekelijkse controle van de enclosures.

Van de overige kolonies in de noordelijke Delta werd door middel van steekproef-bezoeken na het uitkomen van de eieren in de jongenfase een grove schatting verkregen van het broedsucces. Ook werden steekproefsgewijs conditiemetingen gedaan aan de kuikens, waarbij dezelfde methode werd toegepast als in de twee gebieden waar intensief enclosurewerk werd uitgevoerd. Dit onderzoek werd uitgevoerd door de waarnemers van Delta Project Management en Bureau Waardenburg. Bij gebrek aan een echte T0-meting, werden de in het verleden verzamelde gegevens van broedsucces en de groei van sterns in diverse gebieden gebruikt als 'referentie' (voor kolonies in de Delta van 1991 tot heden (gegevens Rijkswaterstaat, verzameld door DPM) en in Zeebrugge voor de periode vanaf 1997 tot heden (gegevens INBO)).

In 2014 is de onderzoekmodule het volgen van grote sterns met behulp van GPSloggers voor het derde jaar uitgevoerd. Dit onderdeel is uitgevoerd door Bureau Waardenburg. Daarnaast voerde Bureau Waardenburg ook het telprogramma vanuit

het vliegtuig uit, waarbij de verspreiding, aantallen en gebiedsgebruik van zowel sterns als zee-eenden werden vastgelegd.

Gebiedsgebruik en foerageergedrag van zee-eenden werd bestudeerd door visuele waarnemingen. Dit onderdeel is uitgevoerd door Bureau Waardenburg.

De materialen en methoden die gebruikt zijn om deze modules uit te voeren, worden in meer detail beschreven in hoofdstuk 2. Hieronder wordt allereerst ingegaan op de gestelde Monitoring- en Evaluatievragen in het kader van het bepalen van de effectiviteit van de natuurcompenserende maatregelen in de Voordelta voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte. Hierbij worden ook de daarbij opgestelde onderzoekshypothesen gepresenteerd.

### **1.3 Beantwoorden van Monitoring en Evaluatie Programma- of MEP-vragen**

Hieronder worden de twee compensatiemaatregelen nader beschreven. Vervolgens worden de MEP-vragen, die ten aanzien van respectievelijk zee-eenden en sterns werden geformuleerd binnen de kaders van het MEP-MV2, gepresenteerd betreffende de effectiviteit van deze maatregelen die richting hebben gegeven aan het onderzoek.

#### *Maatregel instellen rustgebieden*

Het instellen van de rustgebieden heeft tot doel binnen de Voordelta de verstoring van de grote sterns/visdieven die op de platen rusten te verminderen, omdat dit mogelijk een van de beperkende factoren is voor het voorkomen en uiteindelijk het jaarlijkse aantal vogeldagen van deze soorten in de Voordelta (als beschermd Natura 2000-gebied). Sterns foerageren op kleine vissen in de Voordelta en daar buiten, en hebben tussen de vluchten een plek zoals een zandplaat of kale grond nodig waar ze kunnen rusten. Broedparen gebruiken voornamelijk de broedkolonie als rustplek, maar niet broedende vogels maken ook gebruik van zandbanken mits deze niet te veel verstoord worden. De verwachting is dat de rustgebieden voornamelijk voor deze laatste groep vogels een positieve uitwerking zal hebben.

#### *Maatregel instellen bodembeschermingsgebied*

Het bodembeschermingsgebied heeft als doel het ter plaatse verbeteren van de voedselsituatie voor de sterns, omdat ook dit mogelijk van invloed is op het voorkomen en uiteindelijk het jaarlijkse aantal vogeldagen van de sterns in de Voordelta. Broedende vogels zijn beperkt in de afstand die ze kunnen afleggen om te foerageren, omdat ze gebonden zijn aan de broedkolonie. Vandaar dat naar verwachting voornamelijk voor deze individuen de voedselsituatie in de nabijheid van de kolonie van belang is om niet alleen zelf in goede conditie te blijven, maar ook om jongen groot te brengen. Het bodembeschermingsgebied zal dan vooral effect kunnen hebben in de periode voor en na het broedseizoen en op niet broedende vogels die in de Voordelta verblijven. Mogelijk dat door een verminderde bodemberoering een positief effect kan optreden in het aanbod van zandspiering en daarmee op de grote

stern, omdat zandspiering een belangrijke prooi-soort voor met name deze sternsoort is.

De MEP-vragen bestaan uit vier deelvragen. Vraag 1 gaat vooral over de toestand van habitatype 1110, het bodembeschermingsgebied, de vragen 2, 3 en 4 gaan voornamelijk over de functie van het gebied voor zee-eenden (vraag 2) en sterns (vraag 3 en 4). Van de set geformuleerde MEP-vragen is voor het Perceel Vogels en het specifiek voor de zwarte zee-eenden vooral MEP-vraag 2 van belang.

### 1.3.1 Hoofdvragen MEP evaluatievraag 2 (zee-eenden)

Alle hypothesen, onderzoeksvragen en MEP-vragen gaan specifiek over zwarte zee-eenden. In dit onderzoek zijn ook data over eiders verzameld. Deze soort behoort ook tot de soortgroep zee-eenden en is daarom als een referentiesoort in het onderzoek meegenomen. De resultaten hiervan worden in bijlage 1 gepresenteerd.

#### *Hoofdvraag MEP evaluatievraag 2 (zwarte zee-eenden)*

2. Wordt het verlies aan foerageergebied van de zwarte zee-eend als gevolg van de aanleg en het gebruik van Maasvlakte 2 voldoende gecompenseerd?

b. Leidt het instellen van het bodembeschermingsgebied tot een gelijkblijvende potentiële functie van de Voordelta voor de zwarte zee-eend in termen van voedselbeschikbaarheid?

i. Treden er veranderingen op in verspreidingspatronen en het aantal vogeldagen van de zwarte zee-eend t.o.v. de situatie van vóór de aanleg van Maasvlakte 2?

ii. Zijn deze veranderingen toe te schrijven aan (veranderingen in) de voedselbeschikbaarheid (zie 2a, Holzhauer *et al.* 2010) of zijn andere factoren van (groter) belang?

c. Draagt het instellen van de rustgebieden specifiek voor de zwarte zee-eend bij aan een gelijk-blijvende potentiële functie van de Voordelta als foerageer- en rustgebied?

i. Treden er veranderingen op in verspreidingspatronen en het aantal vogeldagen van de zwarte zee-eend t.o.v. de situatie van vóór de aanleg van Maasvlakte 2?

ii. Zijn deze veranderingen toe te schrijven aan de aanwezigheid van de rustgebieden die voor zwarte zee-eenden zijn ingesteld of ook aan andere factoren?

#### *Ingreep-effectrelaties (RIKZ 2007) en hypothesen (Holzhauer et al. 2010) zee-eenden*

De voorspelde effecten en de compensatiemaatregelen zijn gebaseerd op ingreep-effect relaties zoals beschreven in RIKZ (2007). De effectketens beschrijven de processen die relevant zijn voor het inzicht in de ingreep-effectrelaties. Daarmee geven de ingreep-effectrelaties sturing aan de te beantwoorden onderzoeksvragen.

Het onderzoek en de monitoring in het studiegebied zijn gebaseerd op de verwachte effecten van de compensatiemaatregelen. Op basis van deze verwachtingen is in het Hypothesendocument (Holzhauer *et al.* 2010) een overzicht gemaakt van de verwachte ingreep-effect relaties en de bijbehorende hypothesen zoals afgeleid van de MEP-vragen.

Per ingreep-effectrelatie is een set hypothesen (verwachtingen op meetbaar niveau) geformuleerd op basis waarvan onderzoeksvragen zijn geformuleerd. Hieronder worden de nulhypothesen uit het Hypothesendocument, zoals die per ingreep-effect relatie zijn opgesteld, kort weergegeven. NB: de formulering is opgesteld in de vorm van nulhypothesen (H0) en alternatieve hypothesen (H1). We geven hier de alternatieve hypothesen weer, omdat deze beter aansluiten bij de verwachtingen van de werking van de compensatiemaatregelen.

#### *Koppeling aan onderzoeksvragen*

De beantwoording van de hoofd- en subvragen dient plaats te vinden op basis van specifieke informatie over het voorkomen van bodemdieren, vogelverspreiding, vogelgedrag, vogeldieet, menselijk gebruik (als potentiële verstoringbron) en abiotiek. De methodieken voor het verkrijgen van deze specifieke informatie zijn per perceel uitgewerkt in een uitvoeringsplan voor de monitoractiviteiten (Plan van aanpak Deel B). Hieronder wordt een korte beschrijving gegeven van de onderzoeksvragen, zoals die geformuleerd zijn in het Hypothesendocument (Holzhauer *et al.* 2010) en die nodig zijn voor de beantwoording van de hoofd- en subvragen 2b en c.

Voor het beantwoorden van de MEP-vragen ten behoeve van de zwarte zee-eend zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Waar en waarom komt de zwarte zee-eend voor in de Voordelta? Belangrijke parameters hierbij zijn de verspreiding, het gedrag, de voedselkeuze en de populatie-ontwikkeling in het bodembeschermingsgebied, de rest van de Voordelta en daarbuiten.
2. Wat kenmerkt de plekken waar de zwarte zee-eend foerageert in de Voordelta, zoals gebleken uit de nulmeting en onderhavige compensatiemonitoring? Hoe is het hier gesteld met het dieet en de voedselbeschikbaarheid (biomassa, verspreiding, dichtheid, leeftijd/grootte van prooi-soorten), het gebruik (visserij inclusief schelpdiervisserij en ander gebruik) en de abiotiek (waterdiepte, golfslag, stromingsluwe gedeelten, kustmorfologie en weersomstandigheden zoals wind)?
3. Waarom foerageert de zwarte zee-eend niet of nauwelijks op andere plekken binnen de Voordelta? Wat zijn de belangrijkste randvoorwaarden voor de locatiekeuze, zoals voedselbeschikbaarheid, gebruik en abiotiek?

Deze onderzoeksvragen hebben geleid tot de volgende werkhypothesen, geformuleerd als alternatieve hypothesen in het Hypothesedocument:

#### *Relatie voedsel en zwarte zee-eenden:*

**Hypothese 1:** Het aantal (dichtheid) zwarte zee-eenden op een locatie (overdag of 's nachts) wordt bepaald door de aanwezigheid (biomassa, grootte, dichtheid) van geschikt voedsel.

**Hypothese 2:** Er is een toename van het geschikte voedselaanbod binnen het bodembeschermings-gebied na instelling van het bodembeschermingsgebied, met inachtneming van de veranderingen in de (controle)gebieden erbuiten.

**Hypothese 3:** Er is een toename van het aantal zwarte zee-eenden binnen het bodembeschermings-gebied na instelling van het bodembeschermingsgebied, met inachtneming van de veranderingen in de (controle)gebieden erbuiten.

**Hypothese 4:** Er is herstel van de potentiële functie van de Voordelta voor de zwarte zee-eend in termen van voedselbeschikbaarheid en deze is vergelijkbaar met de situatie van voor de aanleg van Maasvlakte2.

*Relatie abiotiek en zwarte zee-eenden:*

**Hypothese 5:** Er is een (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en de verspreiding van de zee-eenden.

**Hypothese 6:** Er is een (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en het aantal vogeldagen van de zee-eenden.

*Relatie menselijk verstoring en zwarte zee-eenden:*

**Hypothese 7:** Zee-eenden vliegen of zwemmen weg bij aanwezigheid van verschillende vormen van recreatie en beroepsvisserij op xx meter afstand, en keren bij verstoring na xx uur terug.

**Hypothese 8:** In de rustgebieden is de dichtheid van zwarte zee-eenden in de voor hun relevante periode hoger dan voor de instelling van de rustgebieden. Dit alles relatief ten opzichte van de veranderingen die daarbuiten zijn opgetreden.

*Relatie externe factoren en zwarte zee-eenden:*

**Hypothese 9:** Er vinden van jaar tot jaar (of eventueel zelfs binnen een jaar) duidelijke verschuivingen plaats in verspreiding en aantal vogeldagen van de zwarte zee-eend binnen de Voordelta, binnen Nederland of binnen Europa.

### 1.3.2 Hoofdvragen MEP evaluatievraag 3 (grote stern) en 4 (visdief)

Evaluatievragen 3/4 b en c betreffen het verband tussen de verspreiding en het aantal vogeldagen in de Voordelta en de ingestelde maatregelen, namelijk het instellen van het bodembeschermingsgebied (vraag b) en de rustgebieden (vraag c). Deelvraag ii richt zich op de oorzakelijke verbanden: voedselbeschikbaarheid, rust of andere factoren. Welke andere factoren dit zijn is tijdens het opstellen van de MEP-vragen niet nader gespecificeerd. Evaluatievraag 3/4 a heeft betrekking op de aanleg van de Tweede Maasvlakte. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek en zal zodoende niet genoemd worden. Hieronder wordt daarom alleen evaluatievraag 3/4 b behandeld.

*Hoofdvraag MEP evaluatievraag 3 en 4 (sterns)*

b Leidt het instellen van het bodembeschermingsgebied tot een gelijkblijvende potentiële functie van de Voordelta voor de grote stern en visdief in termen van voedselbeschikbaarheid?

i. Treden veranderingen op in verspreidingspatronen en het aantal vogeldagen van de grote stern en visdief t.o.v. de situatie van vóór de aanleg van de Tweede Maasvlakte?

ii. Zijn deze veranderingen toe te schrijven aan (veranderingen in) de voedselbeschikbaarheid of zijn andere factoren van (groter) belang?

c Leidt het instellen van de rustgebieden tot een toename van het aantal op platen rustende grote sterns en visdieven en zo ja, is deze verandering toe te schrijven aan de aanwezigheid van de rustgebieden of ook aan andere factoren?

*Ingreep-effectrelaties (RIKZ 2007) en hypothesen (Holzhauer et al. 2010) sterns*

De voorspelde effecten en de compensatiemaatregelen zijn gebaseerd op ingreep-effect relaties zoals beschreven in RIKZ (2007). De effectketens beschrijven de processen die relevant zijn voor het inzicht in de ingreep-effectrelaties. Het onderzoek en de monitoring in het studiegebied zijn gebaseerd op de verwachte effecten van de compensatiemaatregelen. Op basis van deze verwachtingen is in een Hypothesendocument (Holzhauer et al. 2010) een overzicht gemaakt van de verwachte ingreep-effect relaties en de bijbehorende hypothesen zoals afgeleid van de MEP-vragen. Hieronder wordt voor de hoofdvragen toegelicht welke data is verzameld en welke analyses zijn uitgevoerd ter beantwoording van deze vragen. Ook zijn aan iedere hoofdvraag de door Deltares geformuleerde specifieke werkhypothesen toegevoegd die zijn gebaseerd op het hierboven genoemde hypothesendocument.

*Evaluatievraag 3/4 b Effect bodembeschermingsgebied*

Als gevolg van de aanleg van de Tweede Maasvlakte gaat een deel van het foerageergebied voor sterns verloren. Om dit verlies te compenseren is een bodembeschermingsgebied ingesteld. Het is de vraag of de genomen maatregel er voor zorgt dat de potentiële foerageerfunctie van de Voordelta voor sterns gelijk blijft (Hypothese 1). Dit wordt in eerste instantie getest door naar het aantal vogeldagen (aantal vogels dagen aanwezig) en de verspreidingspatronen voor en na de aanleg van de Tweede Maasvlakte en de instelling van de compenserende maatregelen te kijken. Om hier inzicht in te krijgen hebben vliegtuigtellingen en landwaarnemingen van sterns plaatsgevonden (beide leveren data met betrekking tot soort, aantal, gedrag en ruimtelijke verspreiding in de Voordelta). De toetsing van de hypothese vindt plaats door te kijken naar de grootschalige temporele en ruimtelijke patronen van de grote stern en de visdief waarbij de T0 (situatie voor beheersmaatregelen) en T1 (situatie na beheersmaatregelen) vergeleken worden. Ook wordt gekeken naar de gegevens van voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte en naar de gegevens van na de aanleg ervan.

Bovenstaande aanpak geeft informatie over het voorkomen van de sterns voor en na het instellen van het bodembeschermingsgebied, maar nog niet over de onderliggende oorzaak of oorzaken van een eventueel verschil tussen de T0 en T1. Om te beoordelen of het gevonden aantal vogeldagen en het verspreidingspatroon gerelateerd zijn aan het voedselaanbod (Hypothese 2), is gekeken naar de voedselvoorkeur van de sterns en naar het voorkomen van deze soorten vis (in perceel Vis en dit perceel). De voedselvoorkeur is bepaald door dieetonderzoek te doen aan de hand van feces van adulte vogels gevonden in broedkolonies en door visuele waarnemingen van het voedsel dat naar de broedkolonie gebracht is (soort/lengte) als voedsel voor de kuikens. Enkele parameters die indicatief zijn voor de relatie met voedselbeschikbaarheid (o.a. legselgrootte, kuikenoverleving en

lichaamsconditie van de kuikens) zijn intensief gemonitord in enclosures (afgesloten gebieden) in enkele geselecteerde kolonies in het noordelijke deel van het Deltagebied, het gebied waar ook de meeste vogels voorkomen die in de buurt van de Tweede Maasvlakte foerageren. Al deze factoren zullen gezamenlijk worden geanalyseerd om de opgestelde hypothesen te toetsen en uiteindelijk de onderzoeksvragen te beantwoorden.

#### *Broedkolonies*

Het effect van de verbeterde voedselsituatie kan ook gerelateerd worden aan het broedsucces in de broedkolonies. Er zijn verschillende broedkolonies in de Delta en een aantal hiervan is gesitueerd in het kustgebied van de Voordelta. Verwacht wordt dat er een relatie is tussen het voedselaanbod in de Voordelta en het broedsucces in de kolonies (Hypothese 3), maar het kan ook zijn dat het succes in de kolonies voornamelijk bepaald wordt door andere factoren, zoals het beheer van het broedgebied, de mate van predatie of klimaatsfactoren (Hypothese 4). Om inzicht te krijgen in de factoren die meespelen bij het broedsucces en daarmee bij de vraag of een mogelijke verandering in het voorkomen van sterns in de Voordelta toe te schrijven is aan een veranderend voedselaanbod, wordt jaarlijks het aantal broedparen in alle Deltakolonies bepaald, dus ook buiten de Voordelta. Hiermee worden eventuele verplaatsingen tussen broedgebieden inzichtelijk gemaakt. Lokale fenomenen in de kolonies zoals predatie door ratten, meeuwen en/of roofvogels, overspoeling ten gevolge van hoge waterstanden en negatieve effecten als gevolg van vegetatiesuccessie zijn daarom ook gemonitord als een alternatieve reden voor veranderend broedsucces. Al deze factoren zullen gezamenlijk worden geanalyseerd om de opgestelde hypothesen te toetsen en uiteindelijk de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Deze onderzoeksvragen leiden tot de volgende werkhypothesen, geformuleerd als nulhypothesen:

**Hypothese 1:** Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen van de grote stern/visdief in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

**Hypothese 2:** Het aantal grote sterns/visdieven (adult en/of juveniel) in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

**Hypothese 3:** Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

**Hypothese 4:** Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatinvloeden.

#### *Evaluatievraag 3/4 b Effect Rustgebieden*

Vraag 3/4 c gaat in op de effectiviteit van de rustgebieden. Leiden deze tot een verandering in het voorkomen en het verspreidingspatroon van de grote



sterns/visdieven? Rustende grote sterns en visdieven zijn gevoelig voor verstoring (periode van aanwezigheid loopt van april tot in september) door menselijke activiteiten. De verwachting is dat het uitsluiten van deze activiteiten zal leiden tot meer gebruik van de platen in de rustgebieden door sterns (Hypothese 5). Tijdens vliegtuigtellingen is enkel te zien wat de vogels op dat specifieke moment doen. Om meer inzicht te krijgen in het gedrag van de sterns, zijn ook landwaarnemingen uitgevoerd en zijn verschillende adulte sterns gezenderd. Met deze zendergegevens kan over een langere periode inzichtelijk worden gemaakt wat een individu doet (vliegen/rusten) en waar het zich bevindt. Op die manier kunnen rust- en foerageerlocaties worden bepaald en daarnaast is het ook mogelijk om aanvullende informatie te verzamelen zoals tripduur, trip-lengte, tijdsbudgetten van individuele foerageertochten die een indicatie kunnen geven over de ligging van het foerageergebied en voedselbeschikbaarheid. Daarnaast is in het perceel Gebruik informatie verzameld over het menselijke gebruik van de Voordelta inclusief in de rustgebieden. Door ruimtelijke patronen (in de voor sterns relevante periode) van menselijk gebruik en gebruik van het gebied door de sterns te vergelijken wordt de hypothese getoetst.

Deze onderzoeksvraag leidt tot de volgende werkhypothese, geformuleerd als nulhypothese:

**Hypothese 5:** Menselijke activiteiten leiden niet tot verstoring van grote sterns/visdieven die de platen gebruiken om te rusten (april-september).

#### *Externe factoren*

Naast rust en voedselbeschikbaarheid in de Voordelta, kunnen ook andere factoren van invloed zijn op het voorkomen van grote sterns en visdieven in de Voordelta. Grote sterns en visdieven zijn soorten die op zicht jagen. Een hoge turbiditeit van het water kan het doorzicht verminderen en daardoor het vangstsucces verminderen. De verwachting is dan ook dat als de abiotische omstandigheden in de Voordelta veranderd zijn in de jaren na het instellen van de compensatiemaatregelen, dit het voorkomen van sterns zal beïnvloeden (Hypothese 6). Verder foerageren grote sterns en visdieven ook buiten de Voordelta. Zodoende zal de voedselsituatie buiten de Voordelta ook invloed hebben op het voorkomen en de verspreiding binnen de Voordelta (Hypothese 7). Daarnaast is de populatie sterns die zich in de Voordelta bevindt onderdeel van een grotere populatie in Europa/de wereld. Als deze grotere populatie aan veranderingen onderhevig is, zal dit doorwerken op de deelpopulatie van de Voordelta (Hypothese 8). De abiotische conditie van de Voordelta is gemeten in Perceel Abiotiek. Deze data is meegenomen in de analyses als verklarende factor. De situatie buiten de Voordelta is voornamelijk door middel van literatuurstudie in kaart gebracht. De toetsing van deze hypothesen is vermoedelijk niet kwantitatief aantoonbaar wegens de complexiteit en vanwege het ontbreken van gegevens. Een complicerende factor in dit onderzoek is dat als externe invloeden dominant zijn ten aanzien van de aantallen en de verspreiding van sterns de relatie met compensatiemaatregelen moeilijk aantoonbaar wordt. Al deze factoren zullen

gezamenlijk worden geanalyseerd om de opgestelde hypothesen te toetsen en uiteindelijk de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Deze onderzoeksvragen leiden tot de volgende nulhypothesen:

**Hypothese 6:** Er is geen (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en de verspreiding van de grote sterns/visdieven.

**Hypothese 7:** Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

**Hypothese 8:** Er is geen relatie tussen de veranderingen in de populatiedynamica van de grote stern/visdief elders in hun leefgebieden en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta.

Bij de beantwoording van de MEP-vragen en de evaluatie van de twee compensatiemaatregelen dient rekening te worden gehouden met soms tegenstrijdige uitkomsten. Een voorbeeld: als wordt vastgesteld dat een toegenomen aantal sterns gebruik heeft gemaakt van de platen, hoeft dit niet te betekenen dat het instellen van de platen tot rustgebied een direct effect heeft. Het kan namelijk ook het gevolg zijn van verslechterde broedresultaten. Vogels waarvan het broedsel is mislukt verlaten de kolonie en verblijven elders, bijvoorbeeld op platen in de Voordelta. Anderzijds kan een verhoogd aantal foeragerende vogels binnen de Voordelta ook duiden op verslechterde omstandigheden, omdat dan de vogels langer moeten foerageren om voldoende voedsel voor zichzelf en de jongen te vinden. Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen dit soort aspecten om de vraag te kunnen beantwoorden of de instelling van rustgebieden en het bodembeschermingsgebied een bijdrage heeft geleverd aan het gelijk blijven van de foerageerfunctie van de Voordelta voor de grote stern en de visdief.

## **1.4 Overzicht relatie onderzoeksvragen en onderzoeksmethoden**

### **1.4.1 Zee-eenden**

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden zijn op verschillende manieren data verzameld. Hieronder wordt aangegeven aan welke hypothesen de modules bijdragen:

1. Voorkomen binnen de Voordelta:

- vliegtuigtellingen Voordelta (monitoring van aantallen en verspreiding, in relatie tot het gebruik van de ingestelde rustgebieden in de Voordelta).

**Hypothesen 1, 3, 4, 5, 6, 8 en 9.**

2. Voorkomen buiten de Voordelta:

- vliegtuigtellingen Noordzeekust Waddeneilanden (monitoring van het gebied waar de grootste aantallen van Nederland voorkomen, bedoeld als referentie maar tevens relevant in verband met uitwisseling tussen gebieden).
- informatie over populatiegroottes en trends in België en andere omliggende landen.

### **Hypothesen 3, 8 en 9.**

#### **3. Gedrag en dagelijks gebiedsgebruik:**

- dit onderzoek is er op gericht om op basis van aanvullende waarnemingen van gedrag en vliegbewegingen verspreidingspatronen en aantalsverloop beter te kunnen verklaren, met name in relatie tot menselijk gebruik en voedselaanbod. Er is hierbij specifiek ook gekeken in hoeverre er verschillen in verspreiding en gedrag 's nachts optreden, van belang in verband met de koppeling van de verspreiding die alleen overdag wordt vastgelegd met bijvoorbeeld benthos.

### **Hypothese 1.**

#### **4. Voedsel: dieet en voedselonderzoek:**

- bepaling van prooi-soorten en grootte-selectie d.m.v. maagonderzoek van dood gevonden eenden en speciaal onderzoek naar beschikbare prooiën door middel van duikers op plekken waar zee-eenden foerageren.

### **Hypothesen 1, 2, en 3.**

Naast de gegevens die zijn verkregen uit de onderzoeksmodule binnen dit perceel, worden ook resultaten uit andere percelen gebruikt voor de beantwoording van de MEP-vragen:

#### *Relatie voedsel en zwarte zee-eenden:*

De voedselbeschikbaarheid voor zwarte zee-eenden in de Voordelta is gemeten binnen het Perceel Benthos door een jaarlijkse bepaling van de biomassa en soortensamenstelling van de bodemdieren die van belang zijn als voedsel voor de zee-eenden. Dit geeft inzicht in de hoeveelheid potentieel beschikbaar voedsel voor vogels. Deze biomassa wordt vergeleken met gegevens uit de T0-metingen van voor de aanleg van Maasvlakte 2 (gegevens uit Perceel Benthos).

### **Hypothesen 2, 3 en 4.**

#### *Relatie abiotiek en zwarte zee-eenden:*

Ook abiotische veranderingen kunnen een rol spelen in de ontwikkeling van het bodembeschermings-gebied en het gebruik van de zee-eenden van het gebied. De benodigde informatie met betrekking tot de abiotiek is verzameld binnen het Perceel Abiotiek. Hierbij zijn veranderingen in de golfwerking, stroming en bathymetrie van belang. Daarnaast zijn ook de weersomstandigheden belangrijk om mee te nemen in de analyse. In de statistische analyse van het voorkomen van zwarte zee-eenden in relatie tot verklarende factoren is gekozen voor de watersnelheid op de bodem. Deze factor is een resultante van de weersinvloeden via de waterafvoer door de sluizen uitmondend op de Voordelta en de invloed van de golfslag door golven, in combinatie met effecten van stroming door getij en de diepte. De watersnelheid bij de bodem is onderzocht als mogelijk verklarende factor en zou van invloed kunnen zijn op het efficiënt foerageren op ingegraven schelpdieren.

### **Hypothesen 5 en 6.**

#### *Relatie menselijke verstoring en zwarte zee-eenden:*

Verstorende activiteiten zoals visserij in het bodembeschermingsgebied en de rest van de Voordelta zijn belangrijk om mee te nemen in de analyse. Bodemberoerende

visserij wordt in beeld gebracht binnen het Perceel Gebruik op basis van gegevens van VMS (Vessel Monitoring System), AIS (Automatic Identification System) en door het doen van veldwaarnemingen ten aanzien van overige gebruiksfuncties in de Voordelta. De volgende gebruiksfuncties zijn tijdens de monitoring van gebruiksfuncties onderscheiden; visserij (sport, garnalenkotter, bordentrawl, boomkor, Ensis), recreatie (surfen, zeilen, plaatbezoek, duiken), monitoringactiviteiten, onderhoud en calamiteitenbestrijding, kleine luchtvaart, militaire activiteiten, delfstoffenwinning (gegevens uit Perceel Gebruik).

#### **Hypothesen 7 en 8.**

### **1.4.2 Sterns**

Het onderzoek is in verschillende deelmodules opgedeeld waarbij hieronder is aangegeven voor welke hypothesen data worden aangeleverd voor de beantwoording:

1. Broedparen/broedsucces in de gehele Delta:
  - het herkomstgebied van een groot deel van de sterns foeragerend en rustend op de platen in de Voordelta (Delta Project Management/Bureau Waardenburg)

#### **Hypothesen 1, 4, 7 en 8.**

2. Aantallen en verspreiding van sterns in de Voordelta aan de hand van tellingen:
  - vliegtuigtellingen van sterns op zee (Bureau Waardenburg/Delta Project Management)

#### **Hypothesen 1, 5\* en 6. (\* in combinatie met menselijk gebruik)**

3. Gebiedsgebruik en foeragegedrag van sterns met zenders en GPS-loggers:
  - individueel volgen van vogels in de Voordelta (en daarbuiten) uit de broedkolonies in de Delta (Bureau Waardenburg)

#### **Hypothesen 1 en 2.**

4. Gebiedsgebruik juveniele grote sterns op de platen na uitvliegen:
  - tellingen van sterns op platen per zodiac (Bureau Waardenburg/Delta Project Management)
  - kleurringonderzoek – ringen van juveniele vogels in een tweetal kolonies

#### **Hypothesen 1 en 7.**

5. Gedetailleerd onderzoek broedecologie van sterns in kolonies op de Scheelhoek, Markenje en de Maasvlakte:
  - enclosures om de conditie van de jongen te volgen en het uiteindelijke broedsucces te bepalen (INBO).

#### **Hypothesen 3 en 4.**

6. Voedselecologie van sterns in onderzoekskolonies op de Scheelhoek, Markenje en de Maas-vlakte:
  - waarnemingen van aangevoerde vissen (juveniel dieet) en feces onderzoek (adult dieet) (INBO).
  - Aanvullend onderzoek - pelagische visbemonsteringen op zee; bepaling lengtefrequentieverdeling van visaanbod in bovenste waterlaag (Bureau Waardenburg).

#### **Hypothesen 2, 4 en 7.**

## **1.5 Leeswijzer**

Dit rapport is een technisch voortgangsdokument waarin de meest recente en niet eerder gepubliceerde resultaten verkregen in 2013 en 2014 van het onderzoek aan zee-eenden en sterns in de Voordelta en Zuidhollandse en Zeeuwse Delta worden gerapporteerd. In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de methodiek van de verschillende onderzoekmodules bij de zee-eenden en sterns. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten gepresenteerd van het onderzoek aan zee-eenden en in hoofdstuk 4 die van de sterns. In ieder van deze twee hoofdstukken worden de resultaten met een onderverdeling naar de verschillende modules gepresenteerd. In hoofdstuk 5 wordt aangegeven welke informatie in relatie tot de te beantwoorden MEP-vragen verkregen is en welke conclusies getrokken kunnen worden.



## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Zee-eenden

Het onderzoek naar de effecten van de compensatie op de zwarte zee-eenden bestaat uit vier modules:

1. Voorkomen binnen de Voordelta: Vliegtuigtellingen Voordelta;
2. Voorkomen Nederland: Vliegtuigtellingen Noordzeekust van Waddeneilanden;
3. Gedrag: Dagelijks gebruik Voordelta;
4. Voedsel: Dieet zwarte zee-eend en aanvullend onderzoek voedselaanbod.

#### 2.1.1 Voorkomen binnen de Voordelta: vliegtuigtellingen Voordelta

Om inzicht te krijgen in het aantalsverloop van de zwarte zee-eend in de Voordelta en het gebiedsgebruik in ruimte en tijd is het noodzakelijk om door regelmatige tellingen de aantallen zwarte zee-eenden op de verschillende locaties in de Voordelta vast te leggen.

Zee-eenden zijn in het studiegebied geteld vanuit een vliegtuig, conform de methodiek waarop de tellingen in de periode van 2004 t/m 2006 en 2009 t/m 2013 zijn uitgevoerd (Poot *et al.* 2006, 2014). Deze methode sluit aan op de methodiek van de langjarige monitoring die sinds de jaren negentig in het kader van de MWTL wordt uitgevoerd, tegenwoordig onder de vlag van RWS WVL (Hoekstein *et al.* 2003).

De gegevens werden ingesproken op een cassette recorder. Tegelijk liep een GPS mee, zodat de waargenomen vogels door middel van de tijdsregistratie later op een locatie geplot konden worden. Samen met de registratie van het tijdstip van de waarneming kan vervolgens de positie van de groep worden afgeleid. Dit is naar schatting op 100 – 250 m nauwkeurig.

De MWTL-tellingen van RWS worden gedurende het hele jaar maandelijks uitgevoerd. In het kader van dit project wordt door een gelijk aantal extra vluchten uit te voeren de frequentie verdubbeld, conform de aanpak tijdens de nulmeting.

De tellingen werden altijd rond laagwater (LW) uitgevoerd. RWS doet dat in verband met het tellen van zeehonden op droogvallende platen. Om geen methodische verschillen te krijgen werden de tellingen voor het huidige project ook in de laagwaterperiode (van 2 uur voor tot 2 uur na LW) gevlogen.

#### 2.1.2 Voorkomen Nederland: vliegtuigtellingen Noordzeekust van Waddeneilanden

Tussen de verschillende delen van de Nederlandse kust kan uitwisseling plaatsvinden, maar ook met kustgebieden in omliggende landen. De tellingen kunnen in het geval van complementaire aantalspatronen inzicht geven in de uitwisseling

tussen regio's. Als referentie zijn in het voorjaar extra tellingen langs de Hollandse Noordzeekust en langs de Noordzeekust van de Waddeneilanden uitgevoerd.

De zee-eenden langs de Belgische kust werden tot 2010, net als in de Voordelta, jaarrond gemonitord. Tegenwoordig worden de zee-eenden alleen in maart nog vanuit het vliegtuig geteld. Gegevens hiervan komen beschikbaar via het Belgische Instituut voor Natuur en Bosonderzoek (INBO). Op deze manier kunnen eventuele verschuivingen tussen de verschillende regio's sluitend gevolgd worden. Aangezien in de laatste jaren de grootste aantallen zee-eenden langs en in de Voordelta in het voorjaar voorkomen (Poot *et al.* 2006; Heunks *et al.* 2009), is in het kader van dit project als referentie jaarlijks een tweetal vluchten (in maart en april) langs de Waddenzeekust uitgevoerd om in deze piekperiode ook de referentiesituatie van de aantallen zee-eenden vast te leggen.

Samen met de vliegtuigtellingen die in het kader van MWTL (januari) en PMR (maart en april) worden uitgevoerd zijn in alle T1 seizoenen dus jaarlijks minimaal zes vliegtuigtellingen verspreid over de winter uitgevoerd. De tellingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat, PMR en IMARES zijn methodisch zeer vergelijkbaar. De teldekking per vliegtuig is zodanig dat de grotere groepen zee-eenden worden gevonden en integraal worden geteld. Kleinere groepjes kunnen gemist worden tijdens de transecttelling door Rijkswaterstaat en IMARES. Samen met de tellingen in maart en april zijn voor het gehele winterhalfjaar referentiegegevens beschikbaar van het voorkomen van zwarte zee-eenden langs de gehele Nederlandse en Belgische kust.

### **2.1.3 Gedrag: dagelijks gebruik Voordelta**

Kennis over dagpatronen en gebiedsgebruik is noodzakelijk om eventuele veranderingen in verspreidingspatronen in relatie tot de ingestelde rustgebieden voor zwarte zee-eenden en de kwaliteitsverbetering van het bodembeschermingsgebied te kunnen verklaren. In de winter van 2013/2014 is geen aanvullend onderzoek naar het gedrag op zee uitgevoerd, omdat de aantallen zwarte zee-eenden laag waren.

### **2.1.4 Voedsel: dieet zwarte zee-eend en aanvullend voedselonderzoek**

Om inzicht te krijgen in het gebiedsgebruik van de zwarte zee-eend is het noodzakelijk om de voedselsamenstelling kennen en de interactie tussen aanbod en voedselkeuze.

Dieet onderzoek bij zwarte zee-eenden heeft plaatsgevonden op basis van de maaginhoud van dood gevonden vogels. Het aantal vogels beschikbaar voor analyse hangt sterk af van het aantal vogels in het gebied en eventueel optredende calamiteiten of andere ongunstige omstandigheden die verhoogde sterfte met zich meebrengen. Het dieetonderzoek aan de hand van maaginhouden van dood gevonden vogels liep van november 2009 en liep tot 2012.



Daarnaast stond voor het jaar 2013 en 2014 benthosonderzoek op zee-eendlocaties op het programma. In het Perceel Benthos zijn bodemdierenbemonsteringen gedaan in het najaar die de gehele Voordelta besloegen en die niet specifiek gericht waren op het bemonsteren van locaties waar zwarte zee-eenden verbleven. In de winters van 2010/2011, 2011/2012 en 2012/2013 is in aanvulling op het benthosprogramma op de locaties waar in het winterhalfjaar langere tijd verhoogde concentraties van zwarte zee-eenden pleisterden, onderzoek uitgevoerd door duikers, die niet alleen het aanwezige benthos hebben bemonsterd, maar ook visuele waarnemingen hebben gedaan en de situatie op de zeebodem hebben vastgelegd op foto en video. De onderzoeklocaties zijn bepaald op basis van verspreidingsgegevens van zwarte zee-eenden in de Voordelta.

## **2.2 Sterns**

### **2.2.1 Broedparen en broedsucces van grote sterns en visdieven in de Delta**

Grote sterns en visdieven die potentieel worden beïnvloed door compensatiemaatregelen foerageren in de Voordelta maar broeden daarbuiten in kolonies verspreid over het Deltagebied. Om iets te kunnen zeggen over het reilen en zeilen van de gehele regionale populatie van grote stern en visdief is jaarlijks het aantal broedparen in alle Deltakolonies bepaald, ook om eventuele verplaatsingen tussen broedgebieden inzichtelijk te maken. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het kader van de langjarige MWTL monitoring. Het onderzoek bestaat uit een drietal koloniebezoeken aan alle kolonies in het Deltagebied, waarbij het totale aantal broedparen wordt bepaald. In het kader van het onderhavige project is dit uitgebreid met meer (visdief)kolonies en het eenmalig inschatten van het overall broedsucces van individuele kolonies van zowel grote stern als visdief (zie methode beschrijving in Poot *et al.* 2013). In enkele specifieke kolonies is daarnaast in veel groter detail gekeken naar het broedsucces en de kuikencondities.

Gegevens over het broedsucces van grote sterns in het Haringvliet zijn in de jaren 1999 tot en met 2005 verzameld door Delta Project Management (DPM) in opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee. In de periode 2009-2011 is hier door het samenwerkingsverband van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), Bureau Waardenburg en DPM onderzoek gedaan naar het broedsucces van grote sterns en visdieven. Bij deze rapportage is naast het eigen onderzoek van de DPM medewerkers dankbaar gebruik gemaakt van het overzicht dat Kees de Kraker jaarlijks in zijn Grevelingenverslag publiceert (De Kraker 2001; De Kraker & Derks 2003-2005; De Kraker 2006-2013). Van de kolonie op de Hooge Platen in de Westerschelde zijn iets minder gegevens voorhanden, maar ook hier zijn door de beheerder gegevens over het broedsucces van sterns verzameld. Dankzij een uitgebreid netwerk van correspondenten binnen en buiten de Delta weet Kees de Kraker een goed overzicht te verschaffen van de verspreiding en aantallen van broedende grote sterns binnen en buiten het Deltagebied.

## 2.2.2 Aantallen en verspreiding van sterns in de Voordelta

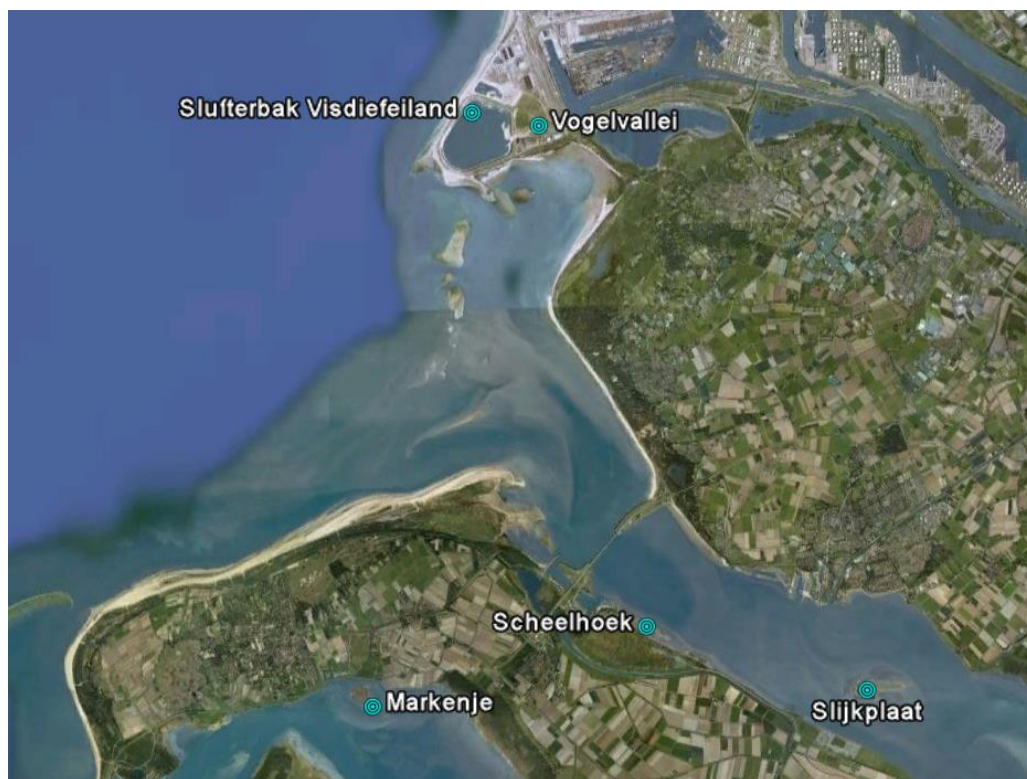
Om de aantallen en verspreiding van sterns in de Voordelta vast te leggen zijn in eerdere jaren twee onderzoekslijnen gevolgd; vliegtuigtellingen boven de Voordelta en juvenielentellingen op de platen aan het einde van het broedseizoen. De vliegtuigtellingen werden op vergelijkbare wijze uitgevoerd als tijdens de nulmeting (zie Poot *et al.* 2006). In 2014 zijn beide onderzoekslijnen niet gecontinueerd.

## 2.2.3 Onderzoek naar broedbiologie en voedseleecologie van grote stern en visdief in de kolonies in het Deltagebied

### 2.2.3.1 Broedsucces en kuikenconditie

#### Metingen van het broedsucces

In de periode 2009 tot en met 2014 werden in 3 kolonies van de grote stern (Scheelhoekeilanden, Markenje en Slijkplaat) en 5 kolonies van de visdief (Scheelhoekeilanden, Markenje, Slijkplaat, Vogelvallei en het Visdiefeiland in de Slufter) onderzoek gedaan naar het broedsucces en de kuikenconditie door middel van enclosures (figuur 2.1). In 2014 waren geen grote sterns aanwezig op de Scheelhoek en is in het Haringvliet noodgedwongen uitsluitend aan deze soort onderzoek gedaan op de Slijkplaat. Daarnaast is onderzoek verricht volgens een afgeslankt onderzoeksprogramma in de kolonie van de grote stern op Markenje.



Figuur 2.1 Ligging van de vijf kolonies waar in de periode 2009-2014 broedsucces- en conditiemetingen bij sterns werden gedaan in enclosures.

De methodiek van deze broedsucces metingen is door de jaren heen gelijk gebleven en in detail gerapporteerd in Poot *et al.* (2013). In het kort wordt een representatief deel van de kolonie afgesloten middels een enclosure van kippengaas en hierbinnen wordt in detail het succes van ongeveer 50 nesten gevolgd door regelmatige bezoeken. Deze gegevens laten toe volgende zaken te bepalen:

*Legselgrootte*: het gemiddeld aantal eieren per nest (aantal eieren/aantal nesten);

*Uitkomstsucces*: het percentage eieren dat uiteindelijk uitkomt (aantal kuikens/aantal eieren);

*Uitvliegsucces*: het percentage van de uitgekomen kuikens dat het vliegvlugge stadium bereikt (aantal vliegvlugge kuikens/aantal kuikens);

*Broedsucces*: het gemiddeld aantal vliegvlugge kuikens per paar (aantal vliegvlugge kuikens/aantal nesten).

### Metingen van de kuikenconditie

Daarnaast wordt tijdens bovenstaande bezoeken van elk kuiken de kopsnavellengte en het gewicht gemeten (tabel 2.1), aangezien bij sterns de relatie tussen deze maten een betrouwbare maat is voor de conditie van de kuikens. Hiervan is ook de methodiek in detail beschreven door Poot *et al.* (2013) en hiervan is in 2014 niet afgeweken. Deze gegevens laten toe volgende zaken te bepalen:

*Gemiddelde kuikenconditie*: Gemiddelde kuikenconditie per kolonie, jaar, leeftijd, ...;

*Seizoensverandering in kuikenconditie*: veranderingen in de (gemiddelde) kuikenconditie tijdens het opgroeien van de kuikens.

*Tabel 2.1 Aantal metingen van kuikenconditie en adulte conditie bij grote stern en visdief per jaar in alle aan de hand van enclosures onderzochte kolonies in de Voordelta in de periode 2009-2014.*

Kolonie	Jaar	Grote Stern		Visdief	
		Kuikens	Adulten	Kuikens	Adulten
Scheelhoek	2009	261	20	207	19
Scheelhoek	2010	497	15	228	12
Scheelhoek	2011			154	19
Scheelhoek	2012	581	15	488	12
Scheelhoek	2013	484	13	238	11
Scheelhoek	2014			348	9
Markenje	2010			125	
Markenje	2011	154		57	
Markenje	2012	148		84	
Markenje	2013	77		111	
Markenje	2014	176			
Slijkplaat	2009			106	19
Slijkplaat	2014	649	21		
Visdifeiland	2011			81	
Visdifeiland	2012			64	
Vogelvallei	2010			342	15
Vogelvallei	2011			72	19
Vogelvallei	2012			8	3

### **Metingen van de adulte conditie**

Het gewicht van adulte sterns die op het nest werden gevangen in de derde en vierde week van mei en de eerste week van juni werd als maat voor de adulte conditie genomen. De vogels werden gevangen met inlooppkooien die over het nest werden geplaatst (zie Poot *et al.* 2013). In 2013 en 2014 werd ook een aantal vogels gevangen met behulp van een klapnet. Van de gevangen adulten werden het gewicht (g), snavellengte (0,1 mm), kopsnavellengte (mm), gonyshoogte (0,1 mm), tarsuslengte (0,1 mm) en vleugellengte (mm) bepaald. Tabel 2.1 geeft voor elk jaar en elke kolonie het aantal metingen van adulte conditie voor grote stern en visdief. Deze gegevens laten toe volgende zaken te bepalen:

*Adulte conditie:* Gemiddelde conditie van adulten per jaar.

### **Vaststellen van predatie bij sternkuikens**

Om na te gaan of predatie invloed heeft op het broedsucces en/of er een verband is tussen de predatiekans en de conditie van sternkuikens, werd de conditie van de kuikens gerelateerd aan het uiteindelijke lot van de kuikens. Zowel voor grote stern als voor visdief werden voor alle jaren en alle onderzochte kolonies alle kuikens uit de enclosure waarvan het lot bekend was (dood gevonden, gepredeerd of vliegvlug geworden) geselecteerd voor de analyse. Deze metingen werden per jaar (en in het geval van visdief per kolonie) gemiddeld voor de drie onderzochte categorieën. Deze gegevens laten toe de volgende zaken te bepalen:

*Relatie tussen predatie en broedsucces:* Impact van predatie van eieren en kuikens op het uitvlieg- en broedsucces;

*Relatie tussen conditie en predatie:* Invloed van de kuikenconditie op de kans op predatie.

### **2.2.3.2 Voedselecologie**

#### **Bepalen van het kuikendieet: samenstelling en foerageerduur**

In 2014 zijn wederom vanuit de schuilhut voedselprotocollen gemaakt van de broedvogels binnen de enclosure conform de methodiek beschreven door Poot *et al.* 2014. Met een interval van twee tot vijf keer per week werd de aanvoer van voedsel gemeten. Voor grote stern werden observatiesessies van minstens 8 uur gedaan, terwijl die van visdief meestal korter waren (minstens 1,5 uur) vanwege het verschil in gemiddelde foerageerduur tussen beide soorten. Tabel 2.2 geeft voor grote stern en visdief de waarneeminspanning en het aantal waargenomen prooien weer voor alle onderzochte kolonies en alle jaren. Om de prooilengte te schatten wordt de snavel van de oudervogel als referentie gebruikt. Bij grote stern komt één snavellengte (SL) overeen met 54,3 mm, bij visdief is dat 36,2 mm. De prooilengte werd tot op 0,25 SL nauwkeurig geschat.

**Tabel 2.2**      *Aantal prooien dat tijdens de voedselprotocollen werd aangebracht, aantal uren geprotocolleerd en het totaal aantal uur dat individuele kuikens werden gevolgd per soort, kolonie en jaar. In 2014 werden zowel op de Slijkplaat (grote stern, n = 1998) als op de Scheelhoek (visdief, n = 322) extra prooien (die werden aangebracht naar ongekleurde kuikens) gescoord.*

Kolonie	Jaar	Grote Stern			Visdief		
		n prooi-items	n uur protocol	n kuiken-uur protocol	n prooi-items	n uur protocol	n kuiken-uur protocol
Scheelhoek	2009	1196	113	2548	1131	95	1557
Scheelhoek	2010	997	129	2332	2757	65	823
Scheelhoek	2011				944	55	940
Scheelhoek	2012	649	83	1610	823	23	383
Scheelhoek	2013	409	79	1161	330	16	387
Scheelhoek	2014				265/322	18	
Slijkplaat	2014	284/1998	71	1166			
Markenje	2011	5526	12				
Markenje	2012	2496	13				
Markenje	2013	1250	6				
Slijkplaat	2009				165	24	349
Vogelvallei	2010				739	44	687

Deze gegevens laten toe volgende zaken te bepalen:

*Dieetsamenstelling*: de procentuele samenstelling van het kuikendieet :

Lengte van de prooien: de lengtefrequentieverdeling per prooi-soort in stappen van 0,25 SL.

*Aanvoerfrequentie*: het aantal prooien dat per uur naar de kuikens wordt aangebracht;

*Veranderingen in het dieet*: verandering van de dieetsamenstelling en de lengtefrequentieverdeling tijdens het opgroeien van de kuikens;

*Foerageerduur*: de tijd die nodig is om een prooi-soort aan te brengen in stappen van 0,25 SL.

### **Bepalen van het adulte dieet: samenstelling**

Tijdens het broeden defeceren grote sterns net naast het nest waardoor na verloop van tijd een laag opgehoopte uitwerpselen ontstaat. In deze uitwerpselen zitten resten van het dieet van de adulte vogels. Net voor het uitkomen van de eieren (meestal in de derde of vierde week van mei) werden de uitwerpselen rond een 20-tal nesten verzameld en ingevroren.

Om een beter zicht te krijgen op de kwaliteit van het voedsel voor adulte grote sterns (dieetsamenstelling en beschikbare prooilengtes en eventuele veranderingen hierin) en een eventuele link met de adulte conditie te vinden, werd in 2013 gestart met een nieuwe proefopzet voor het verzamelen en analyseren van feces van adulte grote sterns. Er werden 10 aardewerken schalen met een diameter van 22 cm tussen de nesten in de kolonie gezet, bij voorkeur op plekken waar veel feces lag. Dit werd zowel op de Scheelhoek als op Markenje gedaan. In 2014 werd dit opnieuw gedaan op Markenje en op de Slijkplaat.

Op de Scheelhoek werden in 2013 de schalen om de drie tot vier dagen geleegd. Nadat de kuikens op het Betoneiland waren uitgekomen, werden de schalen verzet

naar de eerste vestiging op het Groot Duineneiland en nogmaals naar de tweede vestiging op het Groot Duineneiland nadat de kuikens van de eerste vestiging waren geboren. Op deze manier werd op de Scheelhoek een continue bemonstering van adulte feces verkregen van begin mei tot begin juli, dit verdeeld over 15 monsters. Ook op de Slijkplaat werden de schalen in 2014 elke 3 à 4 dagen leeggemaakt tussen begin mei en 23 juni. In totaal werden zo 13 monsters verkregen. Op Markenje werden zowel in 2013 als in 2014 wekelijks monsters verzameld tussen begin mei en half juni en werden respectievelijk 7 en 5 monsters genomen.

De uitwerpselen werden in het laboratorium gespoeld met een NaOH-oplossing om het urinezuur te verwijderen en werden vervolgens onder een microscoop onderzocht. Alle harde voedselresten werden uitgeselecteerd en tot een zo hoog mogelijk taxonomisch niveau gedetermineerd. Tabel 2.3 geeft een overzicht van de aantallen teruggevonden voedselresten. De meest voorkomende bruikbare voedselresten zijn otolieten (gehoorbeentjes) van vissen. Deze zijn soortspecifiek en bovendien kan aan de hand van de lengte of breedte van de otolieten de lengte van de vis waaruit ze afkomstig zijn worden berekend. Daarvoor werden alle otolieten gefotografeerd en opgemeten onder de binoculaire.

Van de gemeten otolieten werd de lengte van de vis berekend via soortspecifieke formules. De formules werden afgeleid van otolieten uit vissen van bekende lengte (gegevens INBO). De gebruikte formule voor haring *Clupea harengus* is  $TL = 1,6945 * e^{1,5164 * OB}$  ( $R^2 = 0,95$ ,  $n = 106$ ), voor sprat *Sprattus sprattus*  $TL = 1,6346 * e^{1,7352 * OB}$  ( $R^2 = 0,92$ ,  $n = 23$ ) en voor ongedetermineerde haringachtigen (meestal otolieten die te klein zijn om op soortniveau te herkennen)  $TL = 1,5864 * e^{1,6733 * OB}$  ( $R^2 = 0,93$ ,  $n = 129$ ). Hierin is TL de totale vislengte in mm en OB de breedte van de otoliet in mm. Voor zandspiering was de gebruikte formule  $TL = 1,134 + 5,111 * OL$  ( $R^2 = 0,96$ ,  $n = 121$ ). Hierin is OL de lengte van de otoliet in mm. Verder werden ook kaken van *Nereis* sp. (waarschijnlijk voornamelijk *Nereis virens*) veelvuldig teruggevonden. Ook beenresten indicatief voor bepaalde soorten (b.v. zeenaalden), kaken van inktvissen en resten van kreeftachtigen en insecten werden verzameld.

Deze gegevens laten toe volgende zaken te bepalen:

*Dieetsamenstelling*: de procentuele samenstelling van dieet van adulte grote sterns;

*Lengte van de prooien*: de lengtefrequentieverdeling per prooi-soort in mm;

*Variatie van het adulte dieet in de tijd*: veranderingen in soort-samenstelling en lengtefrequentie van de prooien in het adulte dieet.

**Tabel 2.3**      *Aantal sagittale otolieten en Nereis-kaken teruggevonden in de algemene fecesmonsters van adulte grote sterns per kolonie per jaar in de periode 2009-2014 en het gesommeerde aantal dat werd bemonsterd in de schalenexperimenten in 2013 en 2014.*

Kolonie	Jaar	Algemeen sample		Schalen	
		n sagittale otolieten	n Nereis-kaken	n sagittale otolieten	n Nereis-kaken
Scheelhoek	2009	370	53		
Scheelhoek	2010	638	846		
Scheelhoek	2012	505	102		
Scheelhoek	2013	611	104	3482	168
Slijkplaat	2014	562	35	3978	48
Markenje	2010	527	146		
Markenje	2011	302	2		
Markenje	2012	299	19		
Markenje	2013	3693	49	5791	49
Markenje	2014	615	18	204	2

### Bepalen van de energetische samenstelling van het dieet van grote stern

Op basis van de vanuit de schuilhut waargenomen prooivissen en hun respectievelijke lengtes, en de vislengtes berekend uit de geselecteerde resten in de adulte feces, kan de energetische samenstelling van het kuikendieet en het adulte dieet worden bepaald. De energie-inhoud van de verschillende vissoorten werd bepaald aan de hand van de formules in Stienen & Brenninkmeijer (2002). De gebruikte formule voor haringachtigen is  $E = 0,03571 \cdot L^{2,996}$  en voor zandspieringen  $E = 0,01499 \cdot L^{2,982}$ . Hierin is E de energie-inhoud in kJ en L de vislengte in cm. Andere vissoorten (vnl. grondels *Gobiidae*) hebben een lagere energie-inhoud, hiervoor werd de formule voor zandspieringachtigen toegepast waarna de waarde door 2 werd gedeeld.

De omrekening van de lengte van *Nereis*-tanden (waarschijnlijk hoofdzakelijk *Nereis virens*) naar wormlengte is nog niet gebeurd omdat er geen goede omrekeningsformule bestaat en omdat de soort niet kon worden vastgesteld aan de hand van de kaken. Er werd wel een inschatting gemaakt van het energiebudget dat (adulte) grote sterns uit *Nereis* halen op basis van literatuurgegevens. De omrekening van lengte naar asvrijdrooggewicht (ash-free dry weight: AFDW) en naar kJ/g AFDW werd gedaan op basis van Kirstensen (1984) volgens de formule:

$$\text{AFDW (mg)} = 0.668 \times (\text{Lengte (cm)})^{1,35} \cdot 2.307$$

Als energie-inhoud van *N. virens* werd de waarde in Kay & Brafield (1973) van 22,5 kJ/g AFDW genomen. Deze komt overeen met de gemiddelde waarde voor *Annelidae* (22,3 kJ/g) in Beukema (1997) en met de gemiddelde waarde voor *Polychaeta* (23,3 kJ/g) in Brey *et al.* (1988). Omdat de lengte van in het dieet gevonden *Nereidae* niet kon worden bepaald, werd de gemiddelde energie-inhoud voor wormen van 15 tot 25 cm lengte gebruikt (7,83 kJ).

Deze gegevens laten toe volgende zaken te bepalen:

*Energetische samenstelling van het dieet*: de procentuele bijdrage van elke prooi-soort aan het energiebudget van adulte en juveniele grote sterns per kolonie per jaar

#### **Kolonieonderzoek regionaal: totaal aantal broedparen en globale broedsuccesmetingen**

In alle kolonies in het Deltagebied alsook in Zeebrugge wordt jaarlijks het aantal broedparen bepaald (RWS, terreinbeheerders). In een aantal kolonies wordt tevens het globale broedsucces bepaald door van afstand met een telescoop het aantal (bijna) vliegvlugge kuikens te tellen of door een kort bezoek aan de kolonie rond het uitvliegen van de kuikens. De zo verkregen verhouding tussen het totaal aantal broedparen en het totaal aantal getelde kuikens is een globale maat voor het broedsucces dat kan worden vergeleken met historische data van Rijkswaterstaat en ook tussen kolonies onderling.

#### **2.2.4 Onderzoek naar gebiedsgebruik Voordelta en gedrag grote sterns met behulp van GPS-loggers**

Tijdens het broedseizoen van 2014 zijn grote sterns voor het derde achtereenvolgende jaar uitgerust met GPS-loggers. Met deze techniek is het mogelijk om gedetailleerde vliegpaden van individuele grote sterns op te slaan die voedsel voor zichzelf of voor hun kuikens aan het zoeken zijn. In 2014 is hetzelfde type loggers gebruikt als in eerdere jaren (zie voor specificaties Poot *et al.* 2013).

In mei en juni 2014 werden 11 kuikens voerende grote sterns in de kolonie op de Slijkplaat gevangen met behulp van inloopkooien en slagnetten. De vangsten werden in de tijd gespreid om een zo goed mogelijke spreiding van vogels met verschillende broedstadia te krijgen (van zeer jonge tot bijna vliegvlugge kuikens). Naast een aluminium ring en een gecodeerde plastic kleurring werden deze vogels alle uitgerust met een Ecotone EP3.8 GPS-logger van 3,8 gram (50 x 15 mm en 8 mm dik, figuur 2.2.4.1). Het gewicht van deze loggers ten opzichte van het lichaamsgewicht van grote sterns, gemiddeld 245 gram (~1.8%), ligt ruim binnen de algemeen geaccepteerde gewichtslimiet van 3% (Phillips *et al.* 2003, Vandenabeele *et al.* 2011a).

Alle loggers in 2014 werden op de rug van de vogels aangebracht door middel van een harnas van elastische vislijn (Prestion Innovations Slip Elastic, diameter 2,2 mm). De logger werd door de vogels als een rugzakje gedragen waarbij de armen van het harnas zich kruisten op de borst (figuur 2.2.4.2). Hierdoor was het harnas sterk en flexibel, maar het is vanwege de materiaalkeuze onder invloed van zon en zout water niet heel duurzaam, zodat het naar verwachting al na enkele weken zou afvallen als de logger uitgewerkt was. Inmiddels zijn van >90% van de vogels, die uitgerust waren met een logger, waarnemingen bekend die het afvallen van de logger bevestigen (ongepubliceerde gegevens).

De verzamelde GPS posities worden automatisch verstuurd via een antenne en opgeslagen in het basisstation (figuur 2.2.4.3). Zodra de logger in de buurt van het ontvangststation is worden ook geen GPS posities meer opgeslagen om batterijcapaciteit te sparen.





*Figuur 2.2.4.1 Ecotone EP3.8 GPS-logger met batterij connectoren achterop (gouden pinnetjes) en VHF antennes voor communicatie met het basisstation (metaal draadjes voor en achter) (Foto R. Fijn).*



*Figuur 2.2.4.2 GPS-logger bevestigd met harnas op de rug van een grote stern (Foto R. Fijn).*



*Figuur 2.2.4.3 Basisstation met antenne waarmee zenders automatisch worden uitgelezen en waarin een geheugenkaart zit waarop gegevens worden opgeslagen (Foto R. Fijn).*

### 3 Resultaten zee-eenden

#### Relatie met de onderzoekshypothesen

Het voorkomen (aantallen en verspreiding) van zwarte zee-eenden in de Voordelta aan de hand van vliegtuigtellingen is basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

**Hypothese 1:** Het aantal (dichtheid) zwarte zee-eenden op een locatie (overdag of 's nachts) wordt bepaald door de aanwezigheid (biomassa, grootte, dichtheid) van geschikt voedsel.

**Hypothese 3:** Er is een toename van het aantal zwarte zee-eenden binnen het bodembeschermings-gebied na instelling van het bodembeschermingsgebied, met inachtneming van de veranderingen in de (controle)gebieden erbuiten.

**Hypothese 4:** Er is herstel van de potentiële functie van de Voordelta voor de zwarte zee-eend in termen van voedselbeschikbaarheid en deze is vergelijkbaar met de situatie van voor de aanleg van Maasvlakte 2.

**Hypothese 5:** Er is een (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en de verspreiding van de zee-eenden.

**Hypothese 6:** Er is een (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en het aantal vogeldagen van de zee-eenden.

**Hypothese 8:** In de rustgebieden is de dichtheid van zwarte zee-eenden in de voor hun relevante periode hoger dan voor de instelling van de rustgebieden. Dit alles relatief ten opzichte van de veranderingen die daarbuiten zijn opgetreden.

**Hypothese 9:** Er vinden van jaar tot jaar (of eventueel zelfs binnen een jaar) duidelijke verschuivingen plaats in verspreiding en aantal vogeldagen van de zwarte zee-eend binnen de Voordelta, binnen Nederland of binnen Europa.

#### 3.1 Vliegtuigtellingen Voordelta

Tijdens de vliegtuigtellingen is de verspreiding van de zwarte zee-eenden in de Voordelta in ruimte en tijd in beeld gebracht. Deze resultaten kunnen gebruikt worden voor de vergelijking met de aantallen en de verspreiding binnen de Voordelta tijdens de T0 meting (periode 2004-2006). De telseizoenen lopen van juli tot juni in het volgend jaar. Het winterhalfjaar loopt van oktober tot maart en het zomerhalfjaar van april tot en met september. Tijdens de vliegtuigtellingen zijn ook gegevens over eiders verzameld. In bijlage 1 worden deze gegevens gepresenteerd.

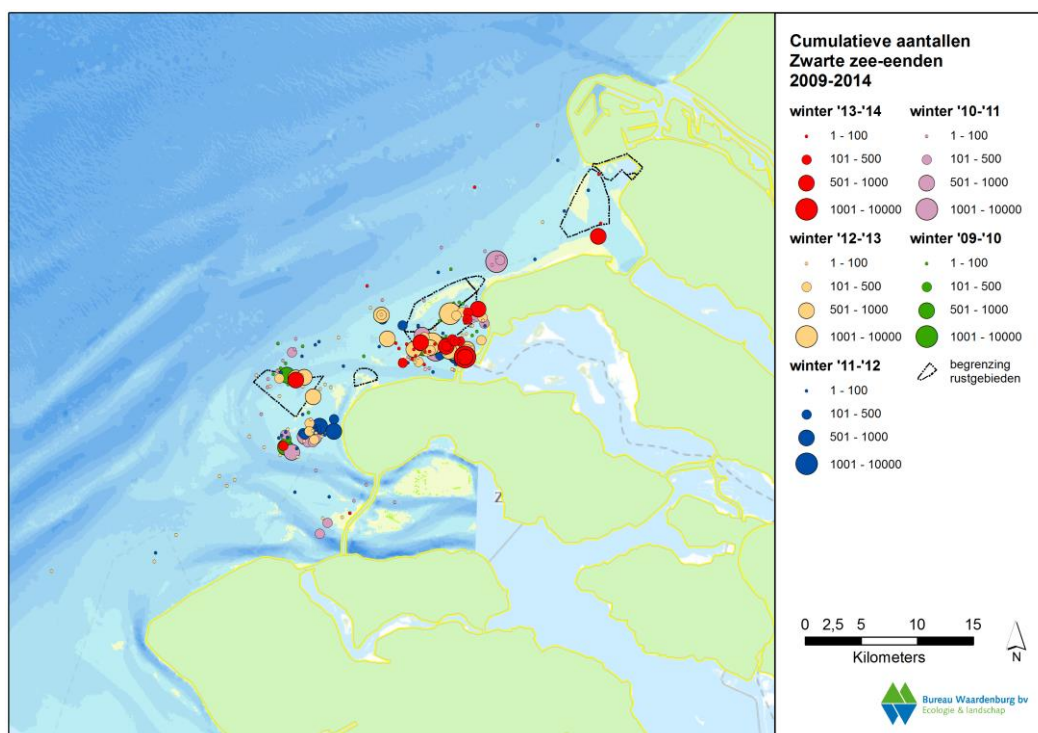
##### *Seizoensmaxima en ruimtelijke spreiding*

Tabel 3.1.1 geeft een overzicht van de seizoensmaxima op basis van de vliegtuigtellingen in de periode T0 en in de periode T1. Hieruit komt naar voren dat de maxima in de T0 periode hoger liggen dan in de T1 periode. Na de uitzonderlijke piek in seizoen 2012/2013, past het seizoensmaximum van het seizoen 2013/2014 in het beeld van verlaagde aantallen ten opzichte van T0 en een afnemende trend.

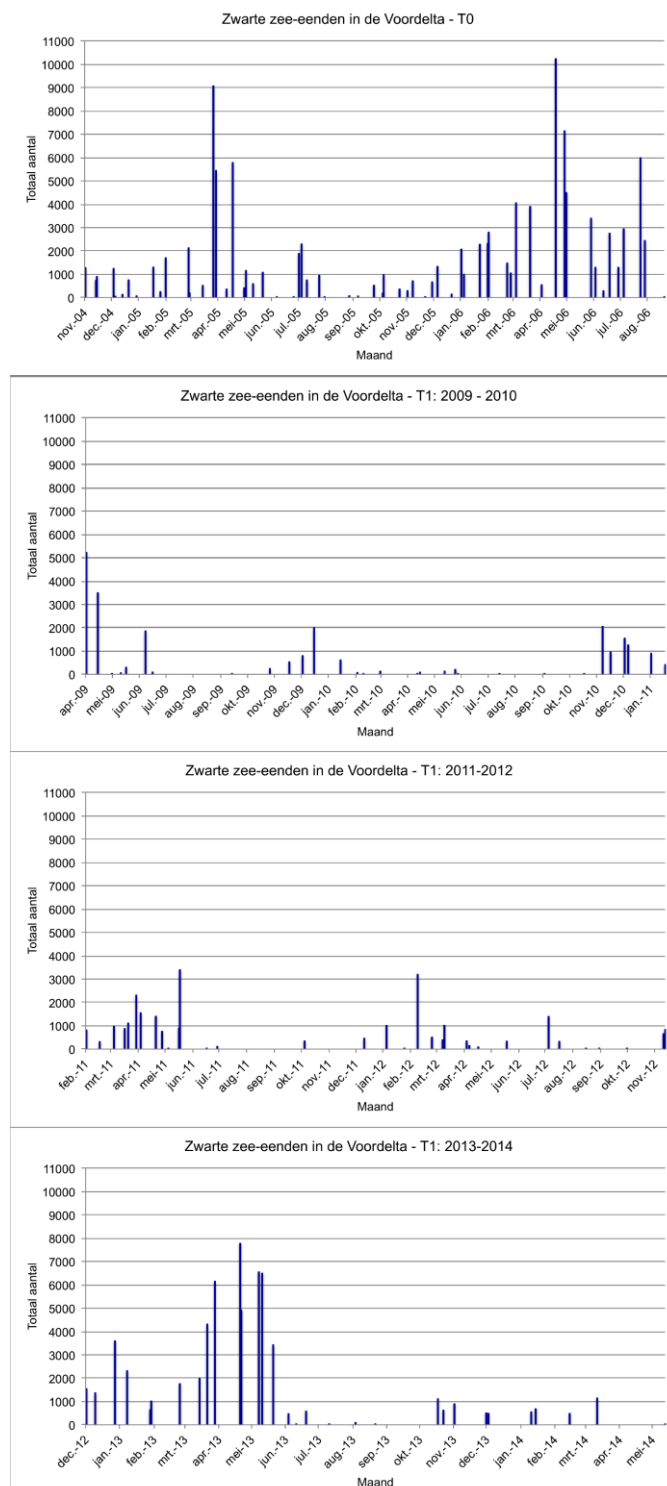
Zwarte zee-eenden waren in de winter van 2013/2014 met name geconcentreerd in het Brouwersdamgebied en daarnaast was een enkele groep voor de kop van Schouwen aanwezig (figuur 3.1.1). Opmerkelijk was eenmalig een groep in de Haringvlietmonding. In eerdere jaren waren de Kop van Schouwen relatief meer in gebruik.

*Tabel 3.1.1      Overzicht van de telseizoenmaxima van de zwarte zee-eend in de Voordelta in de T0 en de T1 periode op basis van vliegtuigtellingen (telseizoen loopt van juli tot en met juni het volgende jaar).*

telseizoen	maximum	maand met
<b>T0 periode</b>		
2004-2005	9.078	april
2005-2006	10.244	mei
<b>T1 periode</b>		
2008-2009	5.225	april
2009-2010	2.005	december
2010-2011	3.400	mei
2011-2012	3.205	februari
2012-2013	7.780	april
2013-2014	1.152	maart



*Figuur 3.1.1      Winterverspreiding (nov-maa) van zwarte zee-eenden in de Voordelta in de T1 periode op basis van alle beschikbare vliegtuigtellingen.*



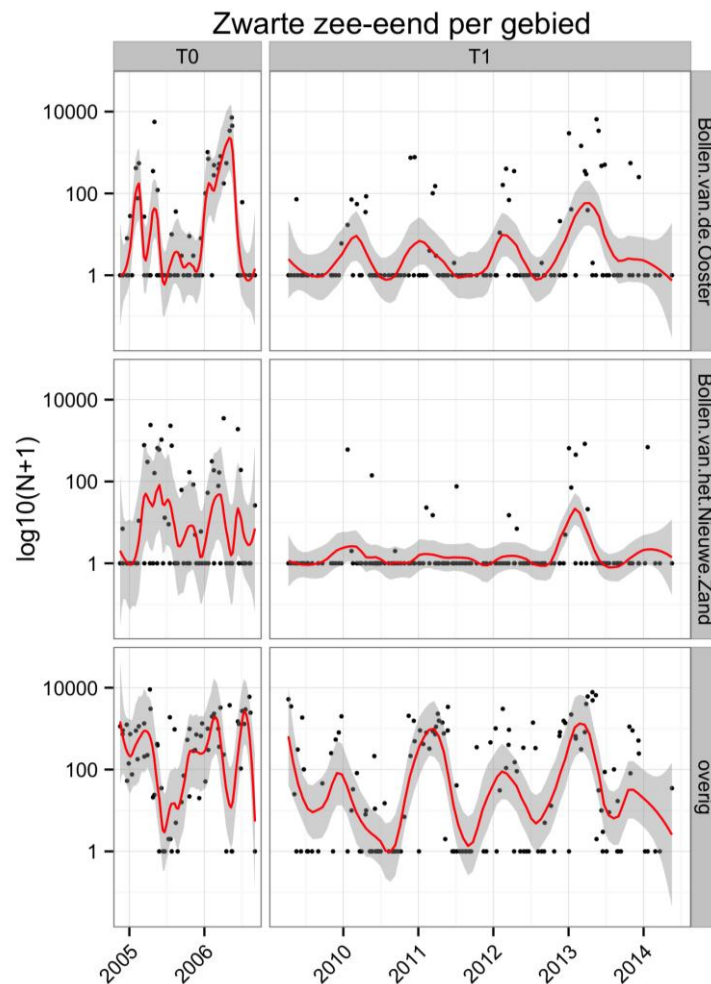
Figuur 3.1.2 Aantalsverloop van zwarte zee-eenden in de Voordelta in de T0 periode (november 2004 t/m augustus 2006; eerste grafiek boven) en de T1 periode (november 2008 t/m mei 2014; chronologisch alle maanden verdeeld over drie grafieken) op basis van alle beschikbare vliegtuigtellingen.

### Seizoensverloop

In het seizoen 2013/2014 waren gedurende het winterhalfjaar weinig zwarte zee-eenden in de Voordelta aanwezig (tabel 3.1.1). Ook ontbrak een duidelijke voorjaarspiek met aantallen tot ver boven de 1.000 vogels, zoals nog wel voorkwam in het voorjaar van 2013 (figuur 3.1.2).

### Trends in rustgebieden

De aantallen vogels gebruik makend van de rustgebieden in de Voordelta in het seizoen 2013/2014 past in het lange termijn beeld van lagere overwinterende aantallen binnen beide ingestelde rustgebieden ten opzichte van de T0 (figuur 3.1.2). In beide gebieden is te zien dat na de piek in het voorjaar 2013 de aantallen terugvallen op het oude lage niveau van de T1.



**Figuur 3.1.3** Aantalsverloop van zwarte zee-eenden in de twee aangewezen rustgebieden (boven en midden) en in de overige gebieden in Voordelta in de T0 periode (november 2004 t/m augustus 2006; boven) en de T1 periode (november 2008 t/m mei 2014; beneden) op basis van alle beschikbare vliegtuigtellingen. Weergegeven is een loess/lowes smoothing trendlijn met een 95% betrouwbaarheidsinterval (Wickham 2009, Hastie & Tibshirani 1990). De y-as is als log-schaal weergegeven.

### Vogeldagen

Met vogeldagen kan weergegeven worden gedurende hoeveel dagen een gebied door vogels gebruikt wordt. Hierbij telt een groep van 50 vogels die gedurende 2 dagen aanwezig is even zwaar als 2 vogels die gedurende 50 dagen aanwezig zijn: in beide gevallen 100 vogeldagen.

Tabel 3.1.2 geeft het aantal vogeldagen van de zwarte zee-eend in de T0 en in de T1 periode in het winterhalfjaar (okt-mrt) in de verschillende deelgebieden binnen de Voordelta.

In het winterhalfjaar liggen de aantallen vogeldagen tijdens de T0 en de T1 periode in dezelfde range, waarbij in de T1 periode het aantal vogeldagen soms hoger en soms lager ligt dan in de T0 periode. De winter van 2013/2014 was een jaar met de laagste aantallen vogeldagen van zwarte zee-eenden tijdens de onderzoeksperiode en relatief vergelijkbaar met het eerste jaar. Opvallend warend de zeer lage aantallen vogeldagen rond de Bollen van de Ooster ten opzichte van het jaar daarvoor (de winter van 2012/2013).

*Tabel 3.1.2 Totaal aantal vogeldagen in het winterhalfjaar voor de zwarte zee-eend in de Voordelta tijdens de T0 seizoenen (periode 2004-2006) en de T1 seizoenen (periode 2009-2014). Er wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende rustgebieden 'Bollen van het Nieuwe Zand' (BVNZ), 'Bollen van de Ooster' (BVO) de 'Hinderplaat' (HIN), de 'Slikken van Voorne' (SV) en de 'Verklikkerplaat' (VK) die voor de zee-eenden in het beheerplan van de Voordelta zijn begreind.*

Winterhalfjaar	BVO	BVNZ	HIN	SV	VK	Rest	Totaal
2004/2005	10.573	23.452	60	0	0	79.530	113.615
2005/2006	32.014	12.690	18	0	0	141.284	186.006
2009/2010	2.901	18.030	0	0	0	57.783	78.714
2010/2011	12.488	554	0	0	0	123.573	136.615
2011/2012	11.340	0	32	0	0	96.272	107.644
2012/2013	99.749	28.982	0	0	0	149.569	278.300
2013/2014	8.125	17.250	0	0	0	46.143	71.518

## 3.2 Vliegtuigtellingen Noordzeekust Waddeneilanden - referentie

### Relatie met de onderzoekshypothesen

Deze tellingen zijn bedoeld om de aantalsontwikkeling langs de Noordzeekust van de Waddeneilanden als referentie voor de ontwikkelingen in de Voordelta van jaar op jaar te kunnen volgen. Deze tellingen zijn basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

**Hypothese 3:** Er is een toename van het aantal zwarte zee-eenden binnen het bodembeschermings-gebied na instelling van het bodembeschermingsgebied, met inachtneming van de veranderingen in de (controle)gebieden erbuiten.

**Hypothese 8:** In de rustgebieden is de dichtheid van zwarte zee-eenden in de voor hun relevante periode hoger dan voor de instelling van de rustgebieden. Dit alles relatief ten opzichte van de veranderingen die daarbuiten zijn opgetreden.

**Hypothese 9:** Er vinden van jaar tot jaar (of evt. zelfs binnen een jaar) duidelijke verschuivingen plaats in verspreiding en aantal vogeldagen van de zwarte zee-eend binnen de Voordelta, binnen Nederland of binnen Europa.

In het voorjaar van 2014 zijn wederom één maal in maart en één maal in april de gehele Hollandse kust en de Noordzeekust Waddeneilanden geteld op zee-eenden. In het voorjaar van 2014 werd het maximum aantal zwarte zee-eenden in de gehele Nederlandse kustzone maximaal, 37.100 vogels. Het aandeel zwarte zee-eenden dat in het voorjaar van 2014 in de Voordelta verbleef lag na de piek in het voorjaar van 2013 weer op het niveau van 2009 - 2012 (tabel 3.2.1).

*Tabel 3.2.1 Totaal aantal zwarte zee-eenden in maart en april van alle T1 seizoenen in de belangrijkste concentratiegebieden in de Nederlandse kustzone (exclusief de Waddenzee, waar marginale aantallen voorkomen). In maart en april 2012, 2013 en 2014 zijn de zwarte zee-eenden geteld volgens een survey design met kustdwarse transecten. De hier in de tabel gepresenteerde gegevens betreffen minimum aantallen getelde vogels.*

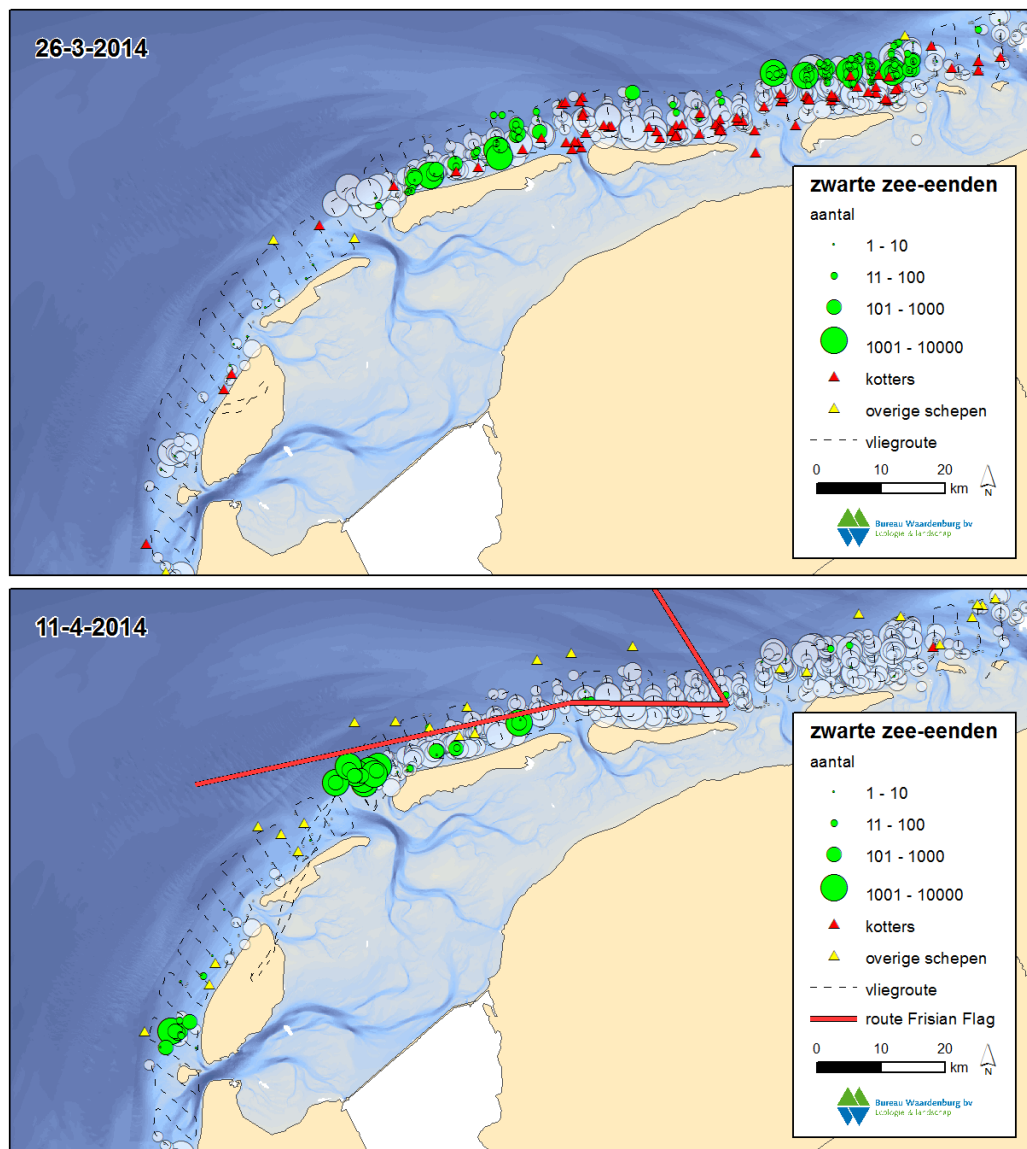
		Voordelta	Hollandse kust	Waddenkust	Totaal
Voorjaar 2009	april	5.225	26	1.884	7.176
Voorjaar 2010	maart	135	25	5.635	5.835
	april	93	4.006	8.641	12.743
Voorjaar 2011	maart	1.115	2.200	33.785	37.100
	april	2.314	34	6.890	9.238
Voorjaar 2012	maart	1.017	0	32.705	33.722
	april	350	26	4.536	4.912
Voorjaar 2013	maart	4.320	153	18.177	22.650
	april	7.780	6.755	20.606	35.141
Voorjaar 2014	maart	1.132	81	26.106	27.319
	april	12	64	38.146	38.222

De referentietellingen in maart en april 2014 van de Noordzeekustzone langs de Waddeneilanden lieten op beide momenten een opmerkelijk verspreidingsbeeld zien waarbij menselijke verstoring een prominente rol lijkt te hebben gehad (figuur 3.2.2).

In maart 2014 betrof het verstoring door een opmerkelijk grote vloot garnalenkotters die dicht onder de kust actief was en daarmee de zee-eenden naar diepere waters leek te hebben verdreven. In april 2014 werd de grootste concentratie zee-eenden op een ongewone plek tussen Vlieland en Terschelling gevonden. Normaliter verblijven de zwarte zee-eenden boven de Waddeneilanden met name boven Ameland en Schiermonnikoog en in mindere mate boven Terschelling (blauwe achtergrondbollen in figuur 3.2.2). Ten tijde van de april tellingen in 2014 waren de vogels ook duidelijk veel



verstoringen gevoeliger voor het surveyvliegtuig. Dit had dit waarschijnlijk te maken met militaire laagvliegactiviteiten voor de kust van Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog die in de week daarvoor plaatsvonden. Exacte kaarten van vliegactiviteit ontbreken, echter in figuur 3.2.2 is de vliegroute weergegeven zoals die op internet is gevonden.



**Figuur 3.2.2** Verspreiding van zwarte zee-eenden langs de Noordzeekust van de Waddeneilanden in maart en april 2014. Tevens is de verspreiding van potentiële verstoringsbronnen tijdens beide tellingen weergegeven (op 26 maart met name kotters, op 11 april is de laagvliegroute van straaljagers tijdens de grootschalige militaire oefening 'Frisian Flag' weergegeven, intensief op dagelijkse basis bevlogen in de periode 31 maart – 11 april 2014). In de middag van 11 april was de kust al vrijgegeven zodat de telling uitgevoerd kon worden. Verder laten de lichtgrijze bollen de cumulatieve verspreiding van zee-eenden in de voorgaande jaren zien.



### **3.3 Informatie over het voorkomen van zee-eenden buiten Nederland**

#### *Duitsland/Denemarken*

Voor de Deense en Duitse kustzone (Oostzee en Noordzee) zijn geen actuele uitgewerkte gegevens beschikbaar. In Denemarken, waar in 2013 een wintersurvey is gedaan, lijken de aantallen iets lager of vergelijkbaar met de situatie in 2008 (pers. med. Ib Krag Petersen, NERI). Opvallend is de verschuiving in het verspreidingspatroon in Denemarken. Voorheen was de verspreiding beperkt tot enkele grote concentratiegebieden. Tegenwoordig is sprake van veel meer kleinere concentratiegebieden met 1.000 vogels of meer. Langs de Duitse kusten wordt hetzelfde fenomeen gezien (pers. med. S. Garthe, Universiteit van Kiel). Met name aan de westkust van Denemarken is de soort fors in aantal toegenomen. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de opmars van de Amerikaanse zwaardsche de in deze kustzone. De verandering van de zwarte zee-eendenverspreiding in sommige Oost-Deense kustwateren is daarmee niet verklaard. Mogelijk dat hier ook toenemende verstoring een rol speelt (pers. med. Ib Krag Petersen, NERI).

#### *België*

In de Belgische kustwateren zaten hogere aantallen zwarte zee-eenden dan in de Voordelta. In november 2013 waren tot maximaal 5.000 exemplaren aanwezig, met in begin januari 2014 lagere aantallen tot rond de 1.500 vogels (losse waarnemingen, via INBO). In maart 2014 zaten er 394 zwarte zee-eenden voor de Belgische kust (gegevens INBO).

#### *Frankrijk*

Na een afname gedurende de laatste tien jaar, schommelen in Frankrijk de aantallen overwinterende zwarte zee-eenden de afgelopen winters rond 30.000 (2014: 31.900 ex.). In de belangrijkste concentratiegebieden variëren de aantallen van 1.000 tot 10.000 vogels. De mate van verstoring is op deze locaties in de afgelopen 10 jaar toegenomen (pers. med. B. Deceuninck, LPO).



## 4 Resultaten sterns

### 4.1 Broedparen en broedsucces van sterns in de gehele Delta

#### Relatie met de onderzoekshypothesen

Het aantal broedparen en broedsucces van grote stern en visdief in de gehele Delta zijn basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

**Hypothese 1:** Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte 2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

**Hypothese 4:** Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatinvloeden.

**Hypothese 7:** Er is geen relatie tussen de voedselsituatie lokaal of elders en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta

**Hypothese 8:** Er is geen relatie tussen de veranderingen in de populatiedynamica van de grote sterns/visdieven elders in hun leefgebied en het aantal grote sterns/visdieven in de Voordelta.

Op basis van ecologische kennis ten aanzien van sterns kan worden aangenomen dat het overgrote deel van de grote sterns en visdieven van kolonies dicht aan de kust in de Delta de Voordelta gebruikt als foerageergebied. Ook bij aankomst na de voorjaarsstrek en na het uitvliegen van de jongen maken veel lokale vogels uit de Delta gebruik van de Voordelta. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de broedpopulatie en broedsucces van grote sterns en visdieven in de Delta in de periode 2002 tot en met de laatste twee recente jaren 2013 en 2014 (deze laatste twee jaren betreft nieuwe informatie). Dit is van belang omdat aangenomen mag worden dat het aantal vogels dat gebruik maakt van de Voordelta sterk gecorreleerd is met het aantal broedparen en het broedsucces van de kolonies.

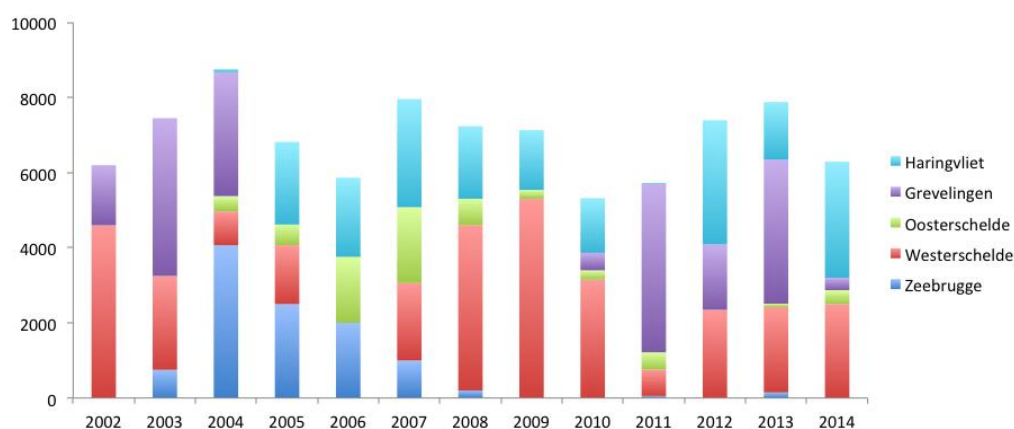
#### 4.1.1 Grote stern

In alle kolonies in het Deltagebied alsook in Zeebrugge wordt jaarlijks het aantal broedparen bepaald (RWS, terreinbeheerders). 2014 was een bijzonder jaar voor de vestiging van de grote stern met een grote kolonie van meer dan 3.000 broedparen op de Slijkplaat, het eiland op relatief grote afstand van de Voordelta midden in het Haringvliet. Het aantal van 3.090 broedparen was de grootste kolonie in de geschiedenis van dit eiland en betekende daarmee het belangrijkste broedgebied in het noordelijk Deltagebied (figuur 4.1.1.1).

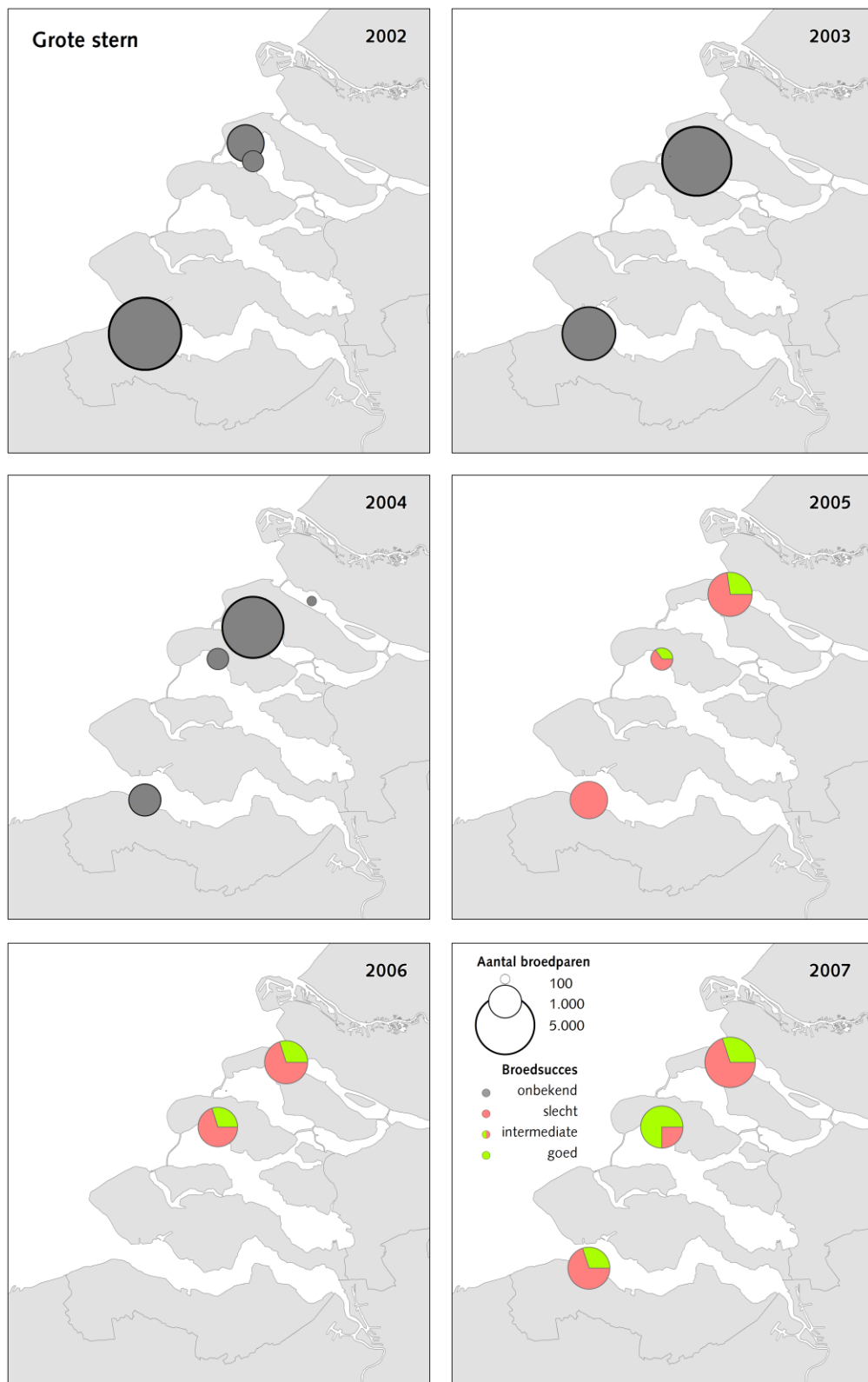
In het vroege voorjaar van 2014 heeft Natuurmonumenten de Scheelhoekkeilanden opnieuw behandeld met zout om de vegetatiesuccessie een stap terug te zetten om op die manier de beschikbaarheid van de eilanden als broedgebied voor sterns te

waarborgen. In 2013 was de vegetatie weer zo hoog dat ten opzichte van 2012 weer lagere aantallen zich vestigden en het merendeel van de vogels op Markenje in de Grevelingen zat.

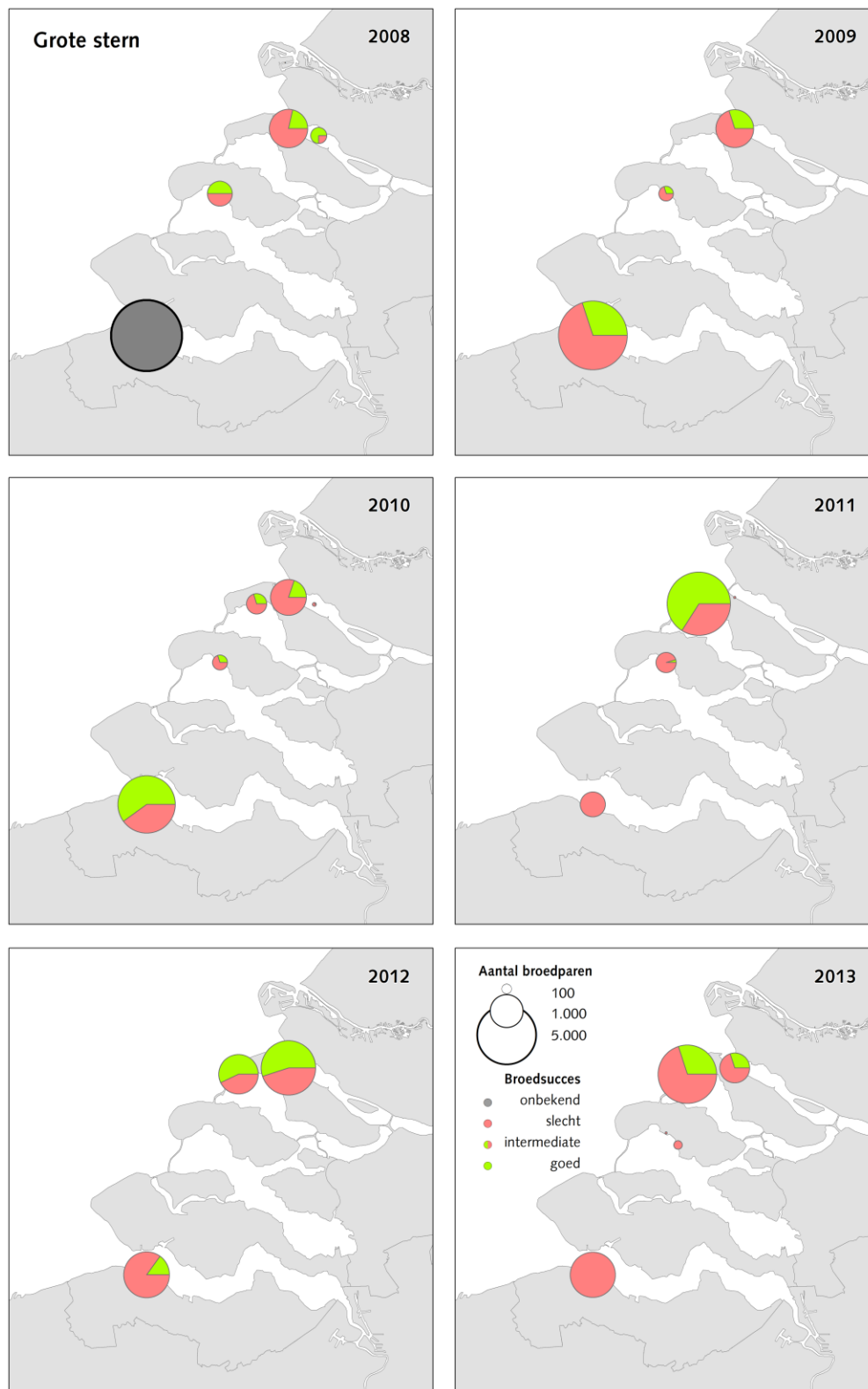
In een aantal kolonies is tevens het globale broedsucces bepaald dat kan worden vergeleken met historische data van Rijkswaterstaat en ook tussen kolonies onderling (zie Figuren 4.1.1.2a, b, c). Voor een aantal jaren zijn nu ook gegevens over het broedsucces verkregen via enclosures. Net zoals in voorgaande jaren lagen de schattingen in het veld van het totale broedsucces van de gehele kolonie lager dan zoals vastgesteld in de enclosure (zie voor broedsucces in enclosure paragraaf 4.3.1a).



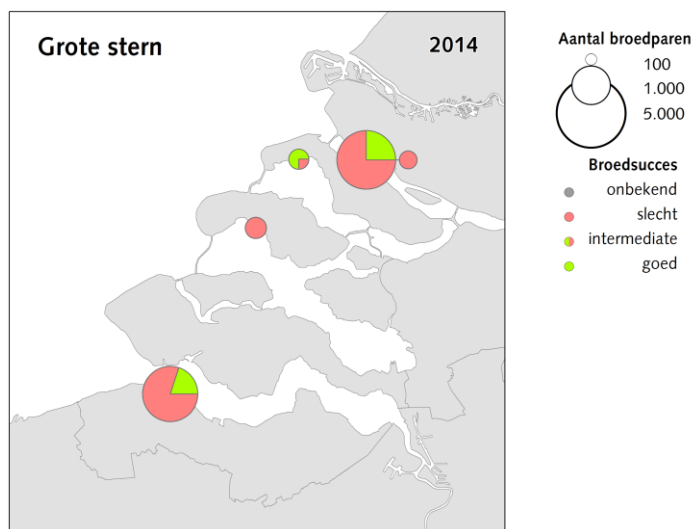
*Figuur 4.1.1.1. Het totaal aantal broedparen van de grote stern per waterbekken in het Deltagebied en in Zeebrugge in de periode 2002-2014.*



Figuur 4.1.1.2a Het aantal broedparen van de grote stern per kolonie in het Deltagebied met een semi-kwantitatieve indicatie van het broedsucces in de periode 2002-2007. Hoe groener de bol, hoe beter het broedsucces was (zie tekst voor nadere uitleg).



*Figuur 4.1.1.2b Het aantal broedparen van de grote stern per kolonie in het Deltagebied met een semi-kwantitatieve indicatie van het broedsucces in de periode 2008-2013. Hoe groener de bol, hoe beter het broedsucces was (zie paragraaf 2.2.3 voor nadere uitleg).*

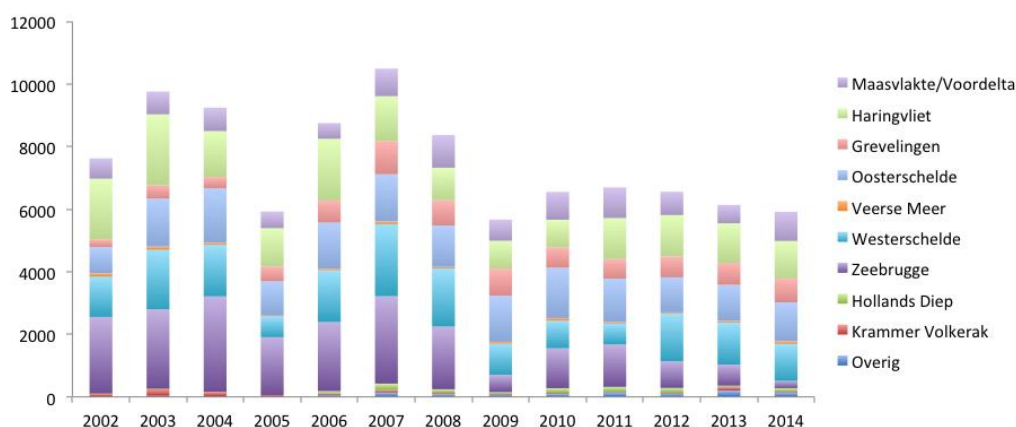


*Figuur 4.1.1.2c Het aantal broedparen van de grote stern per kolonie in het Deltagebied met een semi-kwantitatieve indicatie van het broedsucces in 2014. Hoe groener de bol, hoe beter het broedsucces was (zie paragraaf 2.2.3 voor nadere uitleg).*

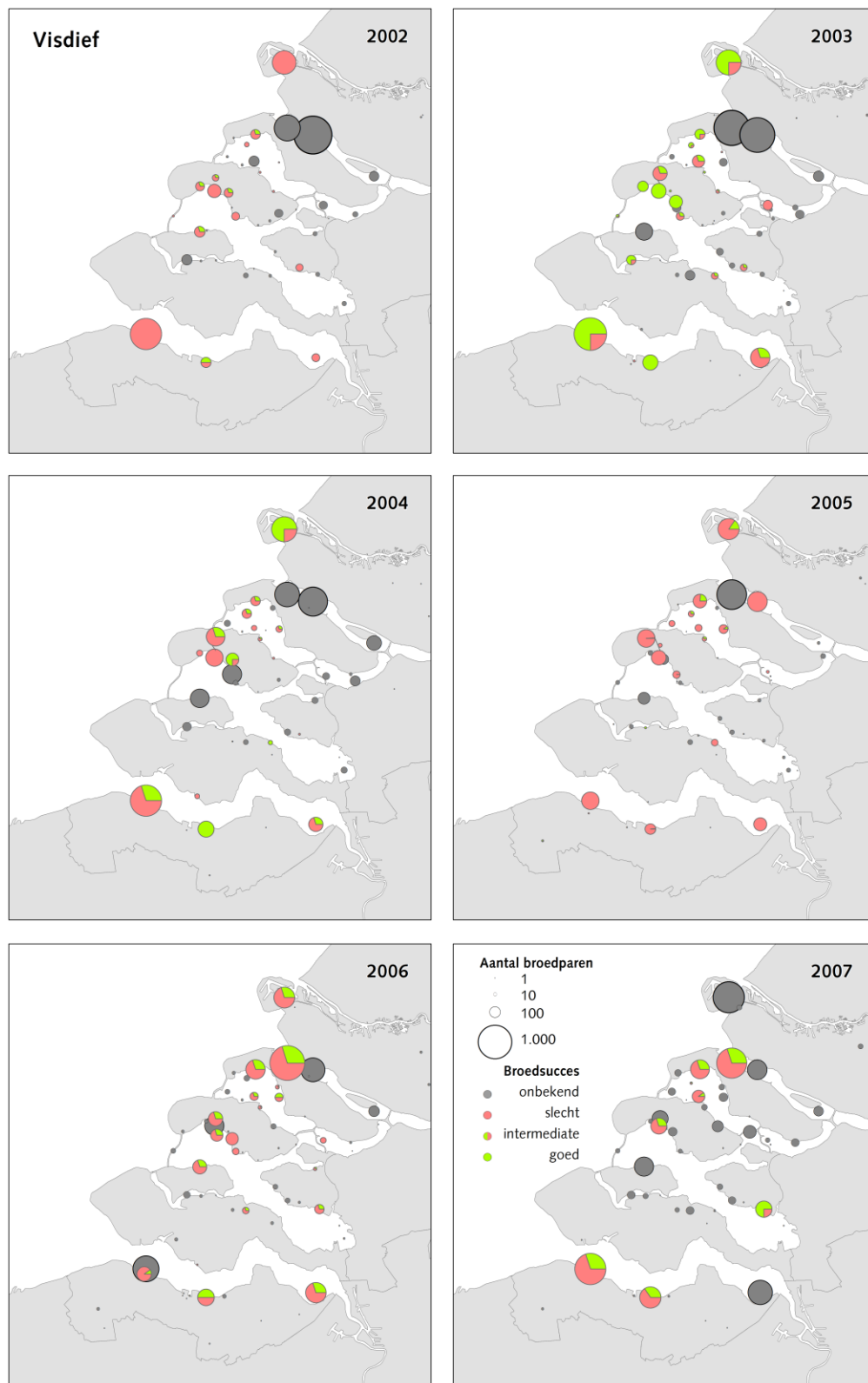
#### 4.1.2 Visdief

Het totaal aantal broedparen in de Delta bedroeg in totaal iets minder dan 6.000 broedparen en het totaal is daarmee in het derde achtereenvolgende jaar iets achteruitgegaan (figuur 4.1.2.1).

Het broedsucces van de soort wisselt sterk van jaar op jaar en tussen verschillende gebieden (figuur 4.1.2.2a, b, c). 2014 was een redelijk goed jaar met de beste resultaten in het noordelijke deel van de Delta.

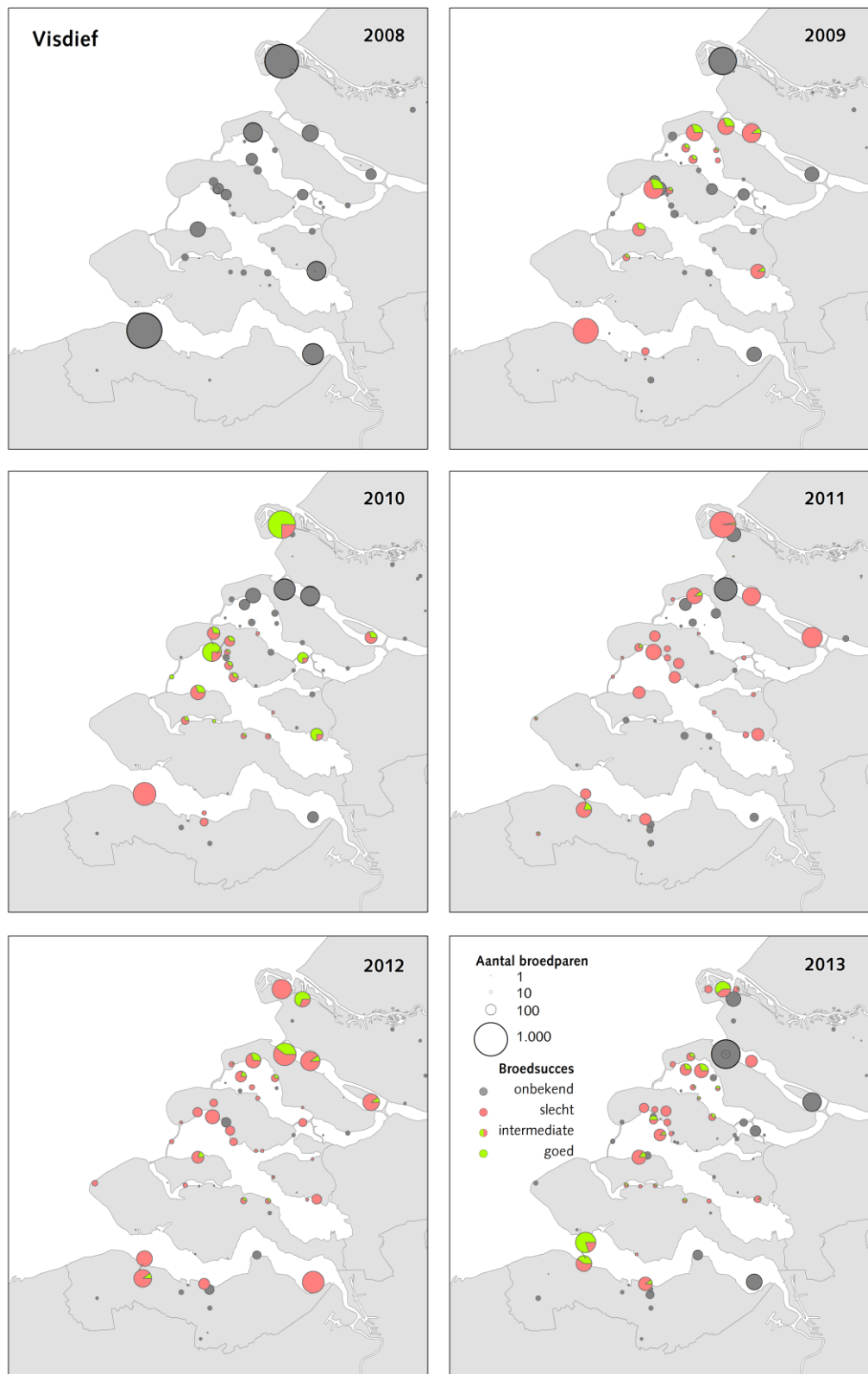


*Figuur 4.1.2.1 Het totaal aantal broedparen van de visdief per waterbekken in het Deltagebied en in Zeebrugge in de periode 2002-2012.*

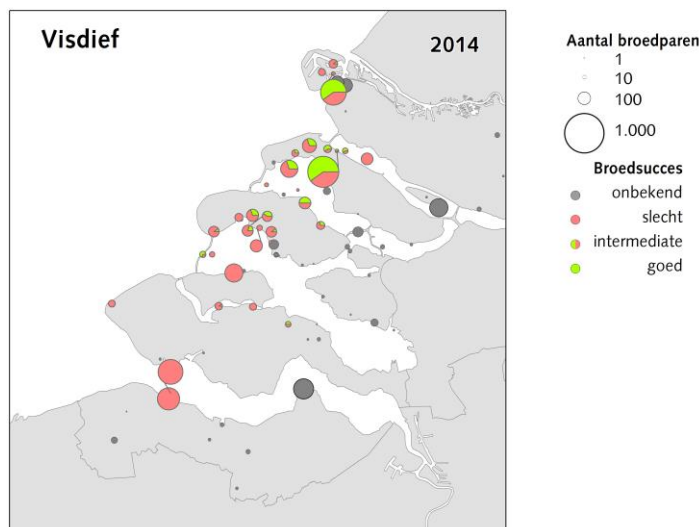


Figuur 4.1.2.2a Aantal broedparen van de visdief per kolonie in het Deltagebied met een semi-kwantitatieve inschatting van het broedsucces voor de periode 2002-2007. Hoe groener de bol, hoe beter het broedsucces was (zie paragraaf 2.2.3 voor nadere uitleg).





*Figuur 4.1.2.2b Aantal broedparen van de visdief per kolonie in het Deltagebied met een semi-kwantitatieve inschatting van het broedsucces voor de periode 2008-2013. Hoe groener de bol, hoe beter het broedsucces was (zie paragraaf 2.2.3 voor nadere uitleg).*



Figuur 4.1.2.2c Aantal broedparen van de visdief per kolonie in het Deltagebied met een semi-kwantitatieve inschatting van het broedsucces in 2014. Hoe groener de bol, hoe beter het broedsucces was (zie paragraaf 2.2.3 voor nadere uitleg).

## 4.2 Vliegtuigtellingen

### Relatie met de onderzoekshypothesen

De aantallen en verspreiding van grote stern en visdief in de Voordelta zijn basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

**Hypothese 1:** Na instelling van het bodembeschermingsgebied is er geen herstel van het aantal jaarlijkse vogeldagen in de Voordelta naar het niveau van voor de aanleg van Maasvlakte 2, en geen verandering in het verspreidingspatroon.

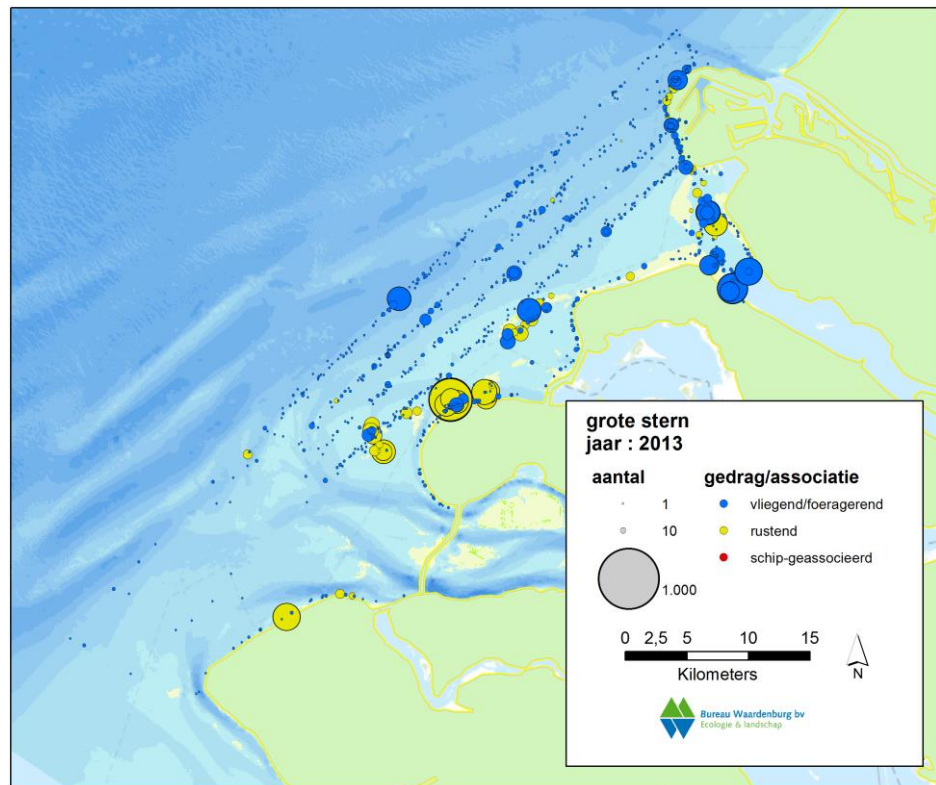
**Hypothese 5:** Menselijke activiteiten leiden niet tot verstoring van grote sterns/visdieven die de platen gebruiken om te rusten (april - september).

**Hypothese 6:** Er is geen (cor)relatie tussen abiotische parameters van het water of het sediment en de verspreiding van de sterns/visdieven.

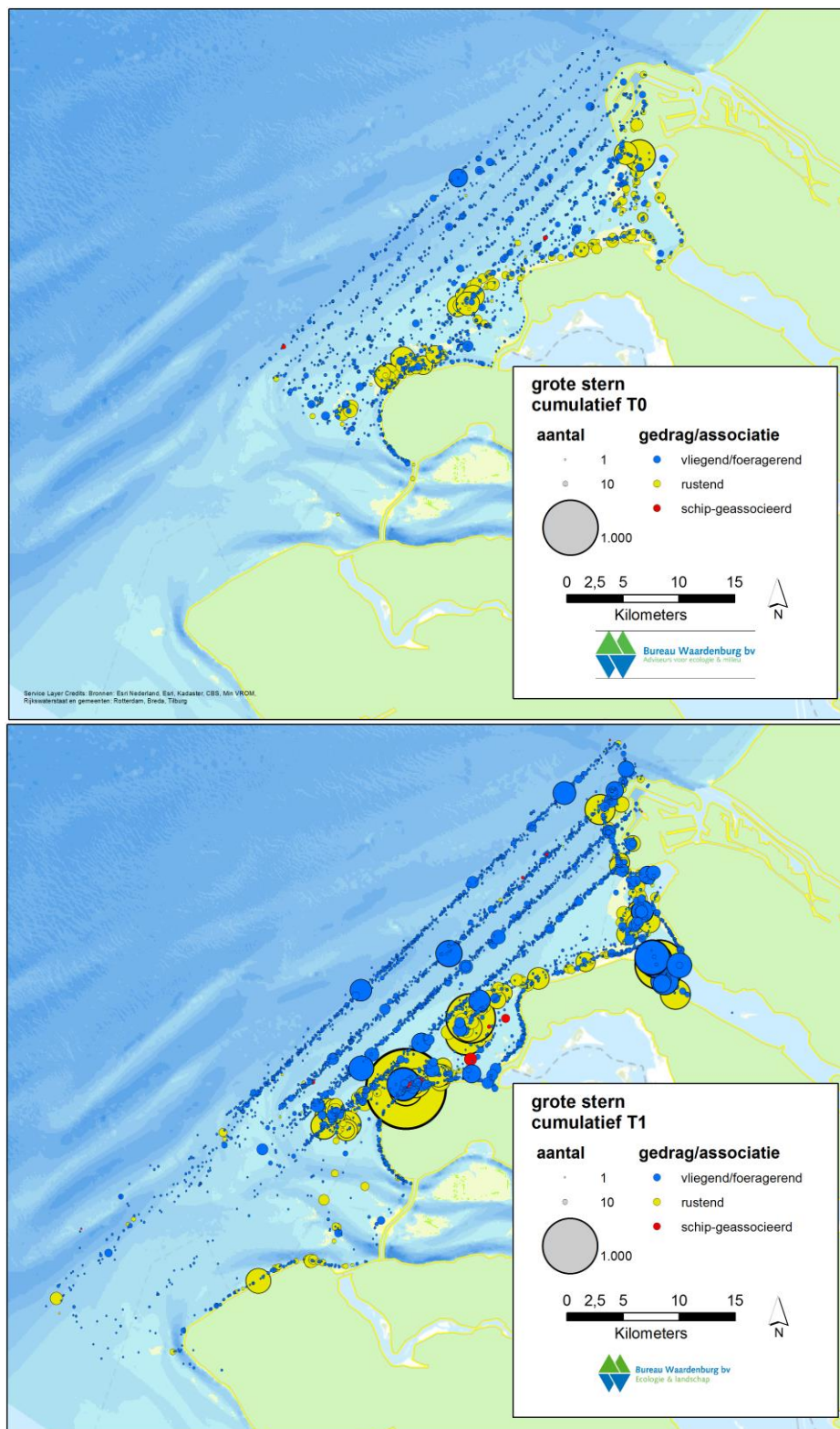
### 4.2.1 Grote stern

Figuur 4.2.1.1 geeft het cumulatief verspreidingsbeeld van grote sterns in het zomerhalfjaar van 2013 weer. Figuur 4.2.1.2 geeft een cumulatief verspreidingsbeeld van het voorkomen van grote sterns in het zomerhalfjaar van de T0 (2005 en 2006) en T1 (2009-2013) op basis van vliegtuigtellingen (in 2014 geen tellingen voor sterns uitgevoerd). Hieruit komt naar voren dat het merendeel van de grote concentraties grote sterns in de Voordelta rustende vogels op platen betreft. Daarnaast kwamen relatief grote vlieg- en foerageerconcentraties in het zeegebied ten westen van de Bollen van de Ooster voor, in de regio Haringvlietmonding/Tweede Maasvlakte en in enige mate voor de Kop van Schouwen. Waarnemingen aan vliegpaden van het

merendeel naar de kolonies terugvliegende vogels vanuit het vliegtuig (figuur 4.2.1.3) bevestigen dat dit beeld kan worden verklaard door de ligging van de bron van deze aantallen; respectievelijk de broedkolonie Markenje in de Grevelingen en de kolonie op de Slijkplaat in het Haringvliet.

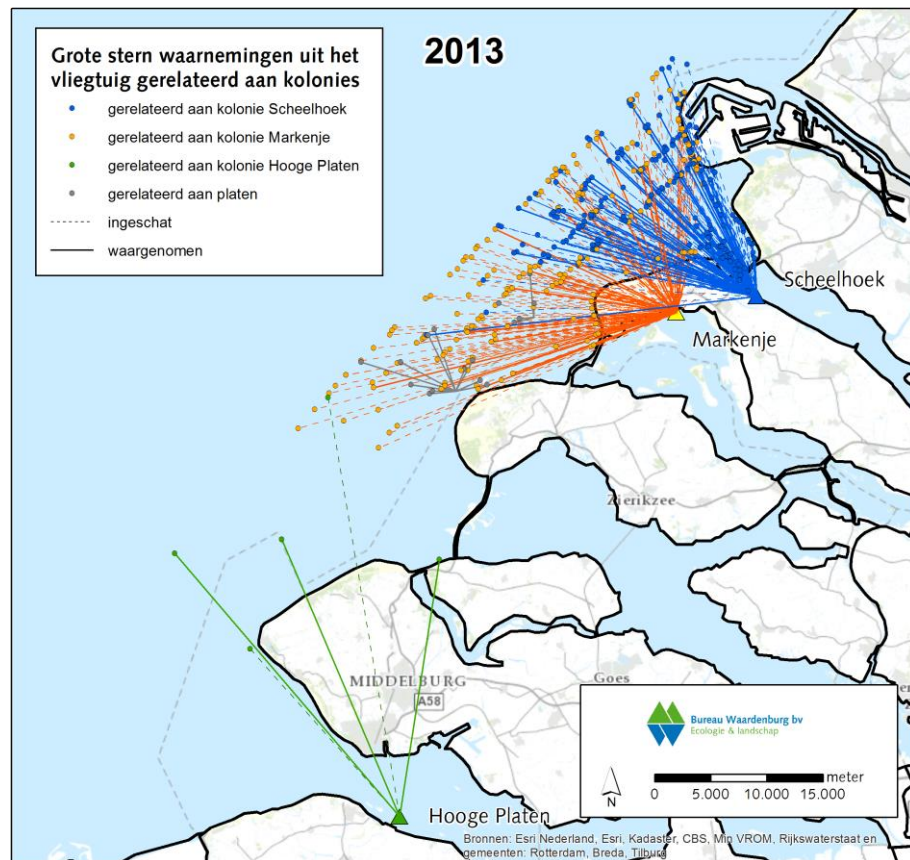


Figuur 4.2.1.1 Cumulatieve verspreiding van grote sterns in het zomerhalfjaar van 2013 (april-september).



Figuur 4.2.1.2 Cumulatieve verspreiding van grote sterns in de zomerhalfjaren van T0 en T1 (april-september). De hoeveelheid data van de perioden verschilt omdat T0 uit twee zomerhalfjaren bestond (2005 en 2006) en T1 uit vijf (2009-2013). N.B. in de T0 was de Tweede Maasvlakte nog niet aanwezig.

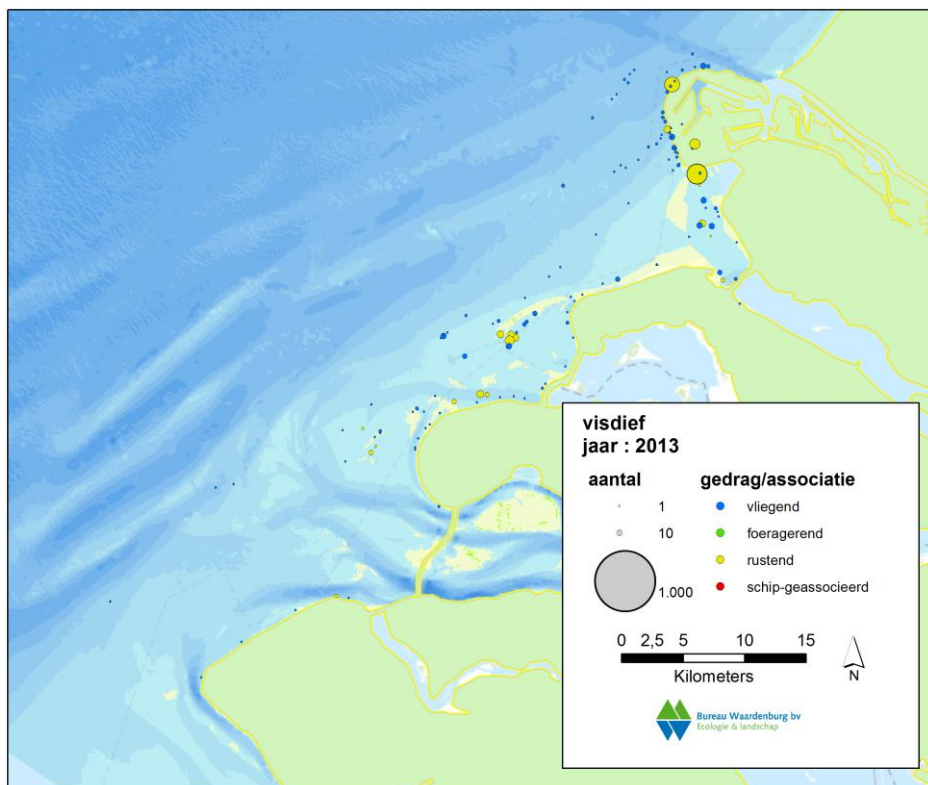




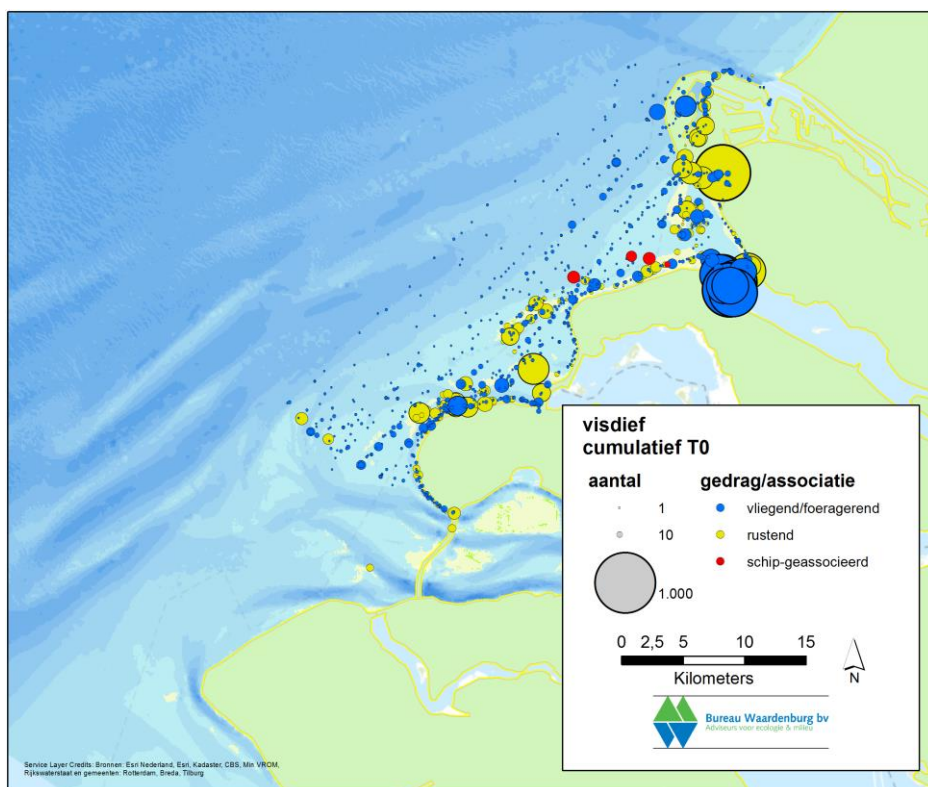
*Figuur 4.2.1.3 Cumulatieve verspreiding van vliegende grote sterns in het zomerhalfjaar 2013 (eind april-begin juli) met voor een deel van de waarnemingen een gereconstrueerde relatie met de bronkolonie in de Delta of platen in de Voordelta (op basis van visuele waarnemingen van de vliegrichting).*

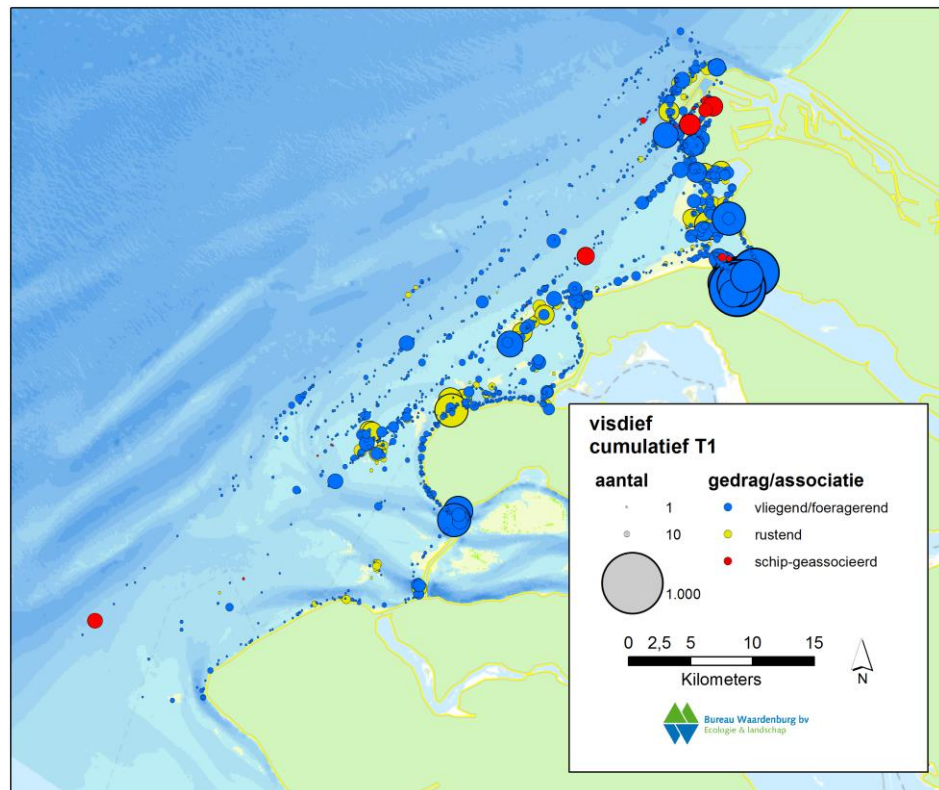
## 4.2.2 Visdief

Figuur 4.2.2.1 geeft het cumulatief verspreidingsbeeld van visdieven in het zomerhalfjaar van 2013 weer. Figuur 4.2.2.2 geeft een cumulatief verspreidingsbeeld van het voorkomen van visdieven in het zomerhalfjaar van de T0 (2005 en 2006) en T1 (2009-2013) op basis van vliegtuigtellingen (in 2014 geen tellingen voor sterns uitgevoerd). Relatief de grootste vlieg- en foerageerconcentraties kwamen in de regio Haringvlietmonding/Tweede Maasvlakte voor. Opvallend hierbij is het ontbreken van grote foerageerconcentraties voor de Haringvlietssluizen ten opzichte van voorgaande jaren (figuur 4.2.2.2). Net als bij de grote stern kan het verspreidingsbeeld binnen de Voordelta voor een groot deel verklaard worden door de ligging van de kolonies.



Figuur 4.2.2.1 Cumulatieve verspreiding van visdieven in het zomerhalfjaar van 2013 (april-september).





Figuur 4.2.2.2 Cumulatieve verspreiding van visdieven in de zomerhalfjaren van T0 en T1 (april-september). De hoeveelheid data van de perioden verschilt omdat T0 uit twee zomerhalfjaren bestond (2005 en 2006) en T1 uit vijf (2009-2013). N.B. in de T0 was de Tweede Maasvlakte nog niet aanwezig.

### 4.3 Koloniewerk – broedecologie

Het onderzoek naar het broedsucces van grote stern en visdief en de conditie van de kuikens levert basisinformatie voor het beantwoorden van:

**Hypothese 3:** Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

**Hypothese 4:** Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van effecten zoals beheer van het broedgebied, predatie in de kolonie en klimaatinvloeden

**MEP-evaluatievragen 3b & 4b:** Leidt het instellen van het Bodembeschermingsgebied tot een gelijkblijvende potentiële functie van de Voordelta voor de grote stern en visdief in termen van voedselbeschikbaarheid?

Voor veel zeevogels wordt een positieve relatie gevonden tussen het voedselaanbod/-kwaliteit en het aantal broedparen, de groei van de kuikens of het uiteindelijke broedsucces (Parsons *et al.* 2008). Sterns staan erom bekend dat ze vrij kieskeurig zijn als het gaat om de keuze van prooisorten en -lengtes. Vooral grote sterns zijn hierin specialisten Brenninkmeijer & Stienen 1992, Stienen & Brenninkmeijer 1992).

Onder de zeevogels worden dergelijke voedselspecialisten algemeen beschouwd als goede indicator-soorten voor de beschikbaarheid en de kwaliteit van hun voedsel en de 'gezondheid' van het mariene milieu (o.a. Parsons *et al.* 2008, Stienen *et al.* 2013). Ook van grote stern (Stienen 2006) en visdief (Meininger *et al.* 2000) is bekend dat de fluctuaties in het aantal broedparen in Nederland worden bepaald door veranderingen in de aanwezigheid van een van hun belangrijkste prooi-soorten, namelijk haring *Clupea harengus*. Bij grote sterns die in de Waddenzee broeden bepaalt het aandeel haringachtigen in het kuikendieet en de lengte van de aangevoerde prooiën de kans dat de prooiën daadwerkelijk worden opgegeten en de tijd dat de oudervogels spenderen aan foerageren (Stienen 2006). In Zeebrugge werd een positieve relatie gevonden tussen het percentage haringachtigen in het dieet van de adulten en het uitvliegsucces van hun kuikens (Vanaverbeke *et al.* 2007). Ook werd in Zeebrugge een positieve relatie gevonden tussen het aandeel haringachtigen van 5 tot 8 cm en het uitvliegsucces van kuikens van grote stern en van visdief (Vanaverbeke *et al.* 2011).

Tijdens het broedseizoen is de foerageerrange van sterns relatief beperkt (bij visdief tot maximaal 10 km en bij grote stern tot ongeveer 60 km). Hierdoor bepaalt de voedselbeschikbaarheid in de omgeving van de kolonie sterk de samenstelling van het dieet en daarmee de voedselkwaliteit (prooilengtes, aandeel energierijke prooiën) van de kuikens en de adulte vogels.

Door de sterke afhankelijkheid van het voedselaanbod en kwaliteit is het dus best mogelijk dat er als gevolg van de aanleg en de aanwezigheid van de Tweede Maasvlakte een verandering in het voedselaanbod of de voedselkwaliteit voor grote stern en visdief is opgetreden die repercussies heeft voor het broedsucces en/of de aantallen broedende vogels in het Deltagebied. Evenzo is het mogelijk dat er door het instellen van het Bodembeschermingsgebied een verandering is opgetreden in aanbod en/of kwaliteit van het sternenvoedsel.

Dit deel van het onderzoek richt zich op het verzamelen van basisdata over de broedbiologische parameters van sternkolonies die potentieel invloed ondervinden van de Tweede Maasvlakte of het instellen van het Bodembeschermingsgebied. Het biedt de mogelijkheid om gedetailleerde informatie te verzamelen over het broedsucces van grote stern en visdief in verschillende kolonies waarbij legselgrootte, uitkomst- en uitvliegsucces worden bepaald. Ook de conditie van de kuikens en de adulte vogels wordt in dit deel bestudeerd. Deze variabelen worden potentieel beïnvloed door het voedselaanbod/-kwaliteit (Hypothese 3, zie paragraaf IV), maar ook door niet-voedselgerelateerde factoren zoals predatie, het beheer van de kolonies en klimatologische omstandigheden (Hypothese 4, deze paragraaf).

De frequente bezoeken aan de kolonies geven de mogelijkheid om, naast het bepalen van broedsucces en kuiken-condities, informatie te verzamelen over het effect van predatie van eieren en kuikens op het uiteindelijke broedsucces. Ook wordt aandacht besteed aan het effect van het beheer van de broedkolonies en eventuele calamiteiten



zoals hoge waterstanden. Deze zaken kunnen een rechtstreeks effect hebben op de aantallen vogeldagen in de Delta en het is dus van belang goed zicht te hebben op de drijvende kracht(en) achter eventuele veranderingen in het aantal vogeldagen.

#### **4.3.1 Grote stern**

##### **4.3.1.a Broedbiologische parameters grote stern 2009-2014**

Grote sterns zijn vanaf 2009 tot en met 2014 gevolgd in kolonies in twee bekkens, de Grevelingen (op Markenje in 2011, 2012, 2013 en 2014) en het Haringvliet (Scheelhoekeilanden in 2009, 2010, 2012 en 2013; Slijkplaat in 2014). Het broedsucces varieerde tussen de verschillende jaren en lag tussen de 0,30 en 0,85 jongen per paar (tabel 4.3.1.1). In vergelijking met onderzoek in Zeebrugge in de jaren daarvoor (1997-2008) is dit vrij hoog.

Net zoals in 2010, 2012 en 2013, waren de grote sterns in 2014 in het onderzoeksgebied verspreid over twee kolonies: een kleinere kolonie (330 broedparen) op Markenje en een grote (3.090 broedparen) op de Slijkplaat. In beide kolonies werd een hoog broedsucces (respectievelijk 0,64 en 0,73 jongen/paar) gehaald. Dit is het gevolg van een combinatie van een hoge legselgrootte, een hoog uitkomstsucces en een gemiddeld tot hoog uitvliegsucces. Vooral voor de kolonie op Markenje is dit opmerkelijk omdat dergelijke kleine kolonies vaak volledig gepredeerd worden.

Tabel 4.3.1.1 *Broedbiologische parameters van de grote stern gemeten in enclosures te Zeebrugge (België) in de periode 1997-2012 en in de kolonies gevolgd in 2009-2014 in de Voordelta.*

Jaar	Kolonie	N legfels gevolgd	Legselgrootte (n eieren/nest)	Uitkomstsucces (%)	Uitvlietsucces (%)	Broedsucces (n jongen/paar)
1997	Zeebrugge	110	1,5	58	13	0,1
2000	Zeebrugge	59	1,7	80	niet gemeten	niet gemeten
2001	Zeebrugge	52	1,1	74	70	0,6
2002	Zeebrugge	30	1,1	< 1	< 43	< 0,1
2003	Zeebrugge	30	1,3	90	66	0,8
2004	Zeebrugge	35	1,5	90	52	0,7
2005	Zeebrugge	58	1,2	57	28	0,2
2006	Zeebrugge	60	1,5	47	48	0,3
2007	Zeebrugge	57	1,4	52	63	0,4
2008	Zeebrugge	34	1,4	40	5	0
2009	Zeebrugge	4	1,3	0	0	0
2010	Zeebrugge	0				
2011	Zeebrugge	0				
2012	Zeebrugge	0				
2012	Zeebrugge	50	1,1	0	0	0
2009	Scheelhoek	49	1,4	78	44	0,49
2010	Scheelhoek	55	1,8	78	32	0,45
2012	Scheelhoek	47	1,6	95	38	0,57
2013	Scheelhoek	32	1,7	87	43	0,63
2014	Slijkplaat	52	1,8	88	46	0,73
2011	Markenje	41	1,6	86	63	0,85
2012	Markenje	50	1,5	88	42	0,54
2013	Markenje	56	1,8	30	55	0,30
2014	Markenje	47	1,7	86	43	0,64

#### 4.3.1.b Oorzaken en verklaringen

Een laag broedsucces kan het gevolg zijn van verliezen in de ei-fase of in de kuikenfase. Deze verliezen worden vaak gedicteerd door een reeks van factoren zoals predatie van eieren of kuikens, vegetatie-structuur, een slechte voedselsituatie of weersomstandigheden. Tabel 5 geeft voor alle kolonies en alle jaren de procentuele verliezen van eieren en het lot van de uitgekomen kuikens weer voor de onderzochte nesten. Hierbij dient te worden opgemerkt dat grote sterns nagenoeg nooit twee kuikens grootbrengen, ook niet als er twee eieren worden gelegd. Het tweede ei (het zogenaamde B-ei) is een soort 'back-up ei' voor als er iets mis loopt met het eerste. Als er een kuiken uit het tweede ei komt wordt dit meestal aan zijn lot overgelaten waardoor het na maximaal enkele dagen sterft (Stienen & Brenninkmeijer, 2006). In Bijlage 2 wordt hier nader op ingegaan.

Verliezen in de ei-fase zijn te wijten aan het verlaten van het nest (bijvoorbeeld wanneer één van de ouders iets overkomt of in slechte conditie verkeert), eieren die uit het nest rollen, kuikens die niet uit het ei kunnen komen en predatie (bij grote stern meestal door meeuwen) anderszijds.

Predatie van eieren heeft in geen enkel jaar een grote invloed gehad in de onderzochte kolonies (tabel 4.3.1.2). Alleen op Markenje was er in 2013 vrij veel predatie van eieren (34%). In de meeste gevallen ging het hierbij om eieren die

verlaten waren na hevige neerslag of die sowieso niet zouden zijn uitgekomen (zie hieronder bij weersomstandigheden).

In 2014 werd zowel op Markenje als op de Slijkplaat gevreesd voor sterke ei-predatie, in het eerste geval omwille van de geringe koloniegrootte en op de Slijkplaat vanwege de vrij talrijke nesten van bruine ratten rond de kolonie. In beide kolonies gingen echter nauwelijks nesten verloren door predatie van eieren.

Weersomstandigheden hebben in de meeste gevallen geen grote invloed gehad tijdens de ei-fase van grote stern. Een uitzondering hierop was Markenje in 2013. Daar hadden de eieren na een periode van hevige neerslag half mei een coating van vuil gekregen. Een groot aantal nesten werd hierna verlaten. In veel andere gevallen slaagden de kuikens er niet in uit het ei te kruipen, omdat de eischaal niet openbrak. Veel van de verlaten nesten werden gepredeerd.

In 2014 hadden weersomstandigheden nauwelijks of geen effect in de ei-fase. Hoge waterpeilen hebben in geen enkel jaar invloed gehad op het uitkomstsucces van de grote stern op de Scheelhoekeilanden noch op Markenje. In tegenstelling tot veel visdieven kozen de grote sterns voor de iets hoger gelegen delen van de eilanden waardoor het water bij een extreem hoog peil in het slechtste geval tot net aan de rand van de kolonie kwam (2009).

In 2014 werd de kolonielocatie die het meest gevoelig is voor hogere waterpeilen (de Scheelhoekeilanden) niet bezet en er werd dan ook geen effect vastgesteld.

Verliezen in de kuikenfase kunnen een gevolg zijn van kuikenpredatie (vooral door bruine kiekendief, havik, kleine mantelmeeuw en zwartkopmeeuw), weersomstandigheden of een ongunstige voedselsituatie. Ook kan het zijn dat een kuiken door zijn ouders in de steek wordt gelaten of dat één van de ouders sterft (dit is moeilijk na te gaan wanneer vogels niet allemaal worden gemerkt).

*Predatie van kuikens:* Gemiddeld werd 21 % (min 4 % – max 43 %) van de kuikens gepredeerd (tabel 4.3.1.2). Een kuiken werd als gepredeerd beschouwd als het na eerdere controles niet meer werd teruggevonden (behalve wanneer het kuiken groot genoeg was om over de rand van de enclosure te vliegen (vleugellengte > 220 mm)) of als het ei was uitgekomen en het kuiken niet werd aangetroffen bij volgende controle. Wanneer de legvolgorde van de eieren in acht wordt genomen blijkt dat van de kuikens uit A-eieren slechts 4 % wordt gepredeerd en van de kuikens uit één-legsels 13 % (zie Bijlage 2). Van kuikens uit B-eieren wordt 36 % gepredeerd, maar zoals gezegd fungeren de B-kuikens als een soort reserve voor het geval er iets mis gaat met het eerste kuiken. De gepredeerde kuikens verkeerden bij de laatste controle over het algemeen reeds in een slechte conditie (zie Bijlage 2). Predatie van kuikens heeft dus in de onderzoeksjaren slechts een geringe invloed gehad op het broedsucces van de grote stern.

In 2014 was de predatie van kuikens op de Slijkplaat erg laag. Van de 33 kuikens uit A-eieren werd er slechts één gepredeerd, van de 11 kuikens uit één-legsels geen enkele. Ook op Markenje was er nauwelijks kuikenpredatie, hier werden slechts 2 van de 27 A-kuikens en 1 van de 7 kuikens uit één-legsels gepredeerd.

Het percentage kuikens dat dood werd gevonden lag voor de verschillende onderzochte kolonies tussen de 10 en de 64% (gemiddeld 39 %). Van de kuikens uit A-eieren werd 31% dood gevonden en van de kuikens uit één-legsels 25 %. Dit zijn kuikens die gestorven zijn doordat ze in slechte conditie verkeren meestal als gevolg van weersomstandigheden, voedselomstandigheden, verlaten door oudervogels etc (zie verder Bijlage 2).

In 2014 werden op de Slijkplaat 27 % van de A-kuikens en 18 % van de kuikens uit één-legsels dood gevonden. Op Markenje was dat respectievelijk 15 en 29 %

*Tabel 4.1.3.2 Procentuele verliesoorzaken van eieren en lot van alle kuikens van de grote stern per onderzochte kolonie per jaar in de Delta (2009-2014).*

Kolonie	Jaar	Eifase		Kuikenfase		
		Verlaten etc.	Predatie	Dood gevonden	Predatie	Uitgevlogen
Scheelhoek	2009	12	10	15	41	44
Scheelhoek	2010	19	3	64	4	32
Scheelhoek	2012	5	0	58	4	38
Scheelhoek	2013	13	0	48	9	43
Slijkplaat	2014	8	4	46	7	46
Markenje	2011	12	2	11	27	63
Markenje	2012	12	0	38	20	42
Markenje	2013	36	34	10	35	55
Markenje	2014	2	11	14	43	43

## 4.3.2 Visdief

### 4.3.2.a Broedbiologische parameters visdief 2009-2014

Visdieven zijn vanaf 2009 tot en met 2014 gevolgd in meerdere kolonies in verschillende bekkens, te weten de Grevelingen (op Markenje in 2010, 2011, 2012 en 2013), het Haringvliet (op de Scheelhoek in 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 en 2014; Slijkplaat in 2009), en de Maasvlakte (Vogelvallei in 2010, 2011 en 2012; Visdiefeiland Slufter in 2011 en 2012). Het broedsucces varieerde sterk tussen de verschillende jaren en verschillende kolonies en lag tussen de 0,0 en 1,7 jongen per paar (gemiddeld 0,45/paar; tabel 4.3.2.1). In vergelijking met onderzoek in Zeebrugge in de periode 1997-2012 is dit vrij laag. Opmerkelijk is de grote variatie in broedsucces

tussen de verschillende Delta-kolonies binnen de jaren (bv. Vogelvallei (0,0) en Scheelhoek (1,18) in 2012). Hoewel de legselgrootte en het uitkomstsucces vaak vergelijkbaar waren binnen jaren, was vooral het uitvliegsucces sterk verschillend. In 2014 werd alleen de kolonie op de Scheelhoek gevolgd. Hier werd het hoogste broedsucces sinds het begin van het onderzoek genoteerd (1,67 jongen/paar). Dit was het gevolg van een combinatie van zowel de hoogste legselgrootte, uitkomstsucces als uitvliegsucces dat tot nu toe werd gemeten.

*Tabel 4.3.2.1 Broedbiologische parameters van de visdief gemeten in enclosures in de referentiekolonie te Zeebrugge (België) in de periode 1997-2012 in vergelijking met de kolonies gevolgd in 2009-2014 in de Voordelta.*

Jaar	Kolonie	N legfels gevolgd	Legselgrootte (n eieren/nest)	Uitkomstsucces (%)	Uitvliegsucces (%)	Broedsucces (n jongen/paar)
1997	Zeebrugge		2,4	78	65	1,2
1998	Zeebrugge		2,5	77	61	1,2
1999	Zeebrugge		2,5	78	67	1,3
2000	Zeebrugge	52	2,3	91	37	0,8
2001	Zeebrugge	35	2,3	80	74	1,4
2002	Zeebrugge	34	2,2	79	8	0,1
2003	Zeebrugge	46	2,6	87	74	1,7
2004	Zeebrugge	37	2,1	81	38	0,7
2005	Zeebrugge	25	2,0	80	36	0,6
2006	Zeebrugge	32	2,0	50	81	0,8
2007	Zeebrugge	33	2,7	92	90	2,2
2008	Zeebrugge	47	2,4	88	86	1,8
2009	Zeebrugge	69	1,5	0	0	0,0
2010	Zeebrugge	35	2,3	14	82	0,3
2011	Zeebrugge	28	2,8	96	61	1,6
2012	Zeebrugge	21	2,2	30	0	0,0
2009	Slijkplaat	42	2,4	83	10	0,19
2009	Scheelhoek	58	2,3	54	30	0,37
2010	Scheelhoek	31	2,5	81	23	0,45
2011	Scheelhoek	24	2,6	74	39	0,75
2012	Scheelhoek	55	2,3	80	64	1,18
2013	Scheelhoek	28	2,3	87	38	0,75
2014	Scheelhoek	24	2,8	90	67	1,67
2010	Markenje	22	2,5	91	18	0,41
2011	Markenje	26	2,3	85	0	0,0
2012	Markenje	33	2,5	84	22	0,45
2013	Markenje	41	2,0	83	29	0,49
2010	Vogelvallei	45	2,6	80	1	0,02
2011	Vogelvallei	29	2,5	89	0	0,0
2012	Vogelvallei	32	2,4	32	0	0,0
2011	Visdiefeland	46	2,7	86	0	0,0
2012	Visdiefeland	18	2,5	87	18	0,39

#### 4.3.2.b Oorzaken en verklaringen

Tabel 4.3.2.2 geeft voor alle kolonies en alle jaren de procentuele verliezen van eieren en het lot van de uitgekomen kuikens weer voor alle onderzochte nesten. In tegenstelling tot grote sterns kunnen visdieven onder goede omstandigheden wel twee of drie kuikens grootbrengen.

Verliezen in de ei-fase zijn enerzijds te wijten aan het verlaten van het nest (bijvoorbeeld wanneer een van de ouders iets overkomt of in slechte conditie verkeert), eieren die uit het nest rollen en kuikens die niet uit het ei kunnen komen en anderzijds aan predatie (bij visdief in de onderzochte kolonies vaak door scholekster en in mindere mate door meeuwen).

Predatie van eieren leidde samen met het verlaten van nesten in de meeste jaren tot een verlies van 10 tot 20% van de eieren. Uitzonderingen hierop zijn de Scheelhoek in 2009 en de Vogelvallei in 2012 toen veel nesten werden verlaten/gepredeerd als gevolg van een te sterke vegetatie-ontwikkeling. In 2011 werden op de Scheelhoek vrij veel legsels gepredeerd door een scholekster.

In 2014 was er nagenoeg geen predatie van eieren (1%) bij de onderzochte visdieflegsels. Weersomstandigheden hebben in geen enkel onderzoekjaar een grote invloed gehad tijdens de ei-fase van de visdief.

Hoge waterpeilen op de Scheelhoek eilanden hebben er in 2009 en 2012 voor gezorgd dat een gedeelte van de nesten van de visdief zijn weggespoeld. Vaak kozen de vogels voor de iets minder sterk begroeide randzones van de eilanden waardoor ze een grotere kans liepen om weg te spoelen. De impact hiervan kon niet worden bepaald aan de hand van het enclosure-onderzoek omdat deze nooit in de impactzone lag.

Vegetatiestructuur heeft op de Scheelhoek in 2009 en in de Vogelvallei in 2012 een sterk effect gehad. In beide gevallen schoot de vegetatie rond de nesten zo snel hoog op dat nesten werden verlaten waardoor ook de predatiekans sterk steeg.

Verliezen in de kuikenfase kunnen een gevolg zijn van kuikenpredatie (door bruine kiekendief, havik, kleine mantelmeeuw, zwartkopmeeuw etc.), weersomstandigheden of een ongunstige voedselsituatie. Ook kan het zijn dat een kuiken door zijn ouders in de steek wordt gelaten of dat één van de ouders sterft.

*Predatie van kuikens:* Predatie was in bijna elk jaar de belangrijkste doodsoorzaak van visdiefkuikens (tabel 4.3.2.2). In veel gevallen ging het hierbij om kuikens in slechte conditie die het vliegvlugge stadium waarschijnlijk sowieso niet zouden bereiken (zie Bijlage 2). In een aantal gevallen had predatie evenwel een sterk effect op het broedsucces. Zowel op de Vogelvallei als op de Scheelhoek werden in 2010 respectievelijk op één na alle en ongeveer de helft van alle net niet vliegvlugge kuikens gepredeerd door een havik. Op het Visdief eiland werden in 2012 systematisch kuikens door een havik geroofd.

In 2014 werden in tegenstelling tot de meeste andere jaren veel minder kuikens gepredeerd (8%) dan dood gevonden (25%). Het ging hierbij om de laagste predatiedruk sinds de start van het onderzoek.

Het is niet eenvoudig en wellicht onmogelijk om de kans op predatie los te koppelen van de weersomstandigheden tijdens het broedseizoen. Tijdens perioden van storm wordt vaak verhoogde predatie door meeuwen vastgesteld (Veen 1977; waarnemingen INBO). Enerzijds kan dit komen omdat de predatoren in de sternenuikens een makkelijke voedselbron zien tijdens slecht weer, anderzijds kunnen slechte weersomstandigheden ervoor zorgen dat de adulte sterns minder succesvol kunnen foerageren waardoor de kuikens verzwakken en vatbaarder zijn voor predatie. Bovendien zijn de ouders vaker afwezig tijdens dergelijke perioden of net erna. In een aantal gevallen waren de kuikens mogelijk al dood voordat ze gepredeerd werden, waardoor er eerder sprake is van opruiming. Een storm van enkele dagen in juni 2011 had als gevolg dat er zowel op Markenje, de Vogelvallei als het Visdiefeiland veel predatie plaatsvond. Daarnaast werden op het Visdiefeiland erg veel dode kuikens aangetroffen (als gevolg van een combinatie van onderkoeling en een gebrek aan voedselaanvoer).

In 2014 deden zich geen weersituaties voor die een uitgesproken negatieve invloed hadden op de overleving van de visdiefkuikens in de Scheelhoekkolonie.

*Tabel 4.3.2.2 Procentuele verliesoorzaken van eieren en lot van alle kuikens van de visdief per onderzochte kolonie per jaar in de Delta (2009-2014).*

Kolonie	Jaar	Eifase		Kuikenfase		
		Verlaten etc.	Predatie	Dood gevonden	Predatie	Uitgevlogen
Markenje	2010	2	7	20	62	18
Markenje	2011	5	10	15	85	0
Markenje	2012	16	0	22	56	22
Markenje	2013	17	0	29	38	33
Scheelhoek	2009	47		9	61	30
Scheelhoek	2010	10	9	35	44	21
Scheelhoek	2011	9	18	17	44	39
Scheelhoek	2012	12	9	13	23	64
Scheelhoek	2013	8	5	36	26	38
Scheelhoek	2014	9	1	25	8	67
Slijkplaat	2009	13		19	71	10
Visdiefeiland	2011	13	0	57	43	0
Visdiefeiland	2012	13	0	21	61	18
Vogelvallei	2010	8	12	29	70	1
Vogelvallei	2011	11	0	3	97	0
Vogelvallei	2012	9	59	0	100	0

## **4.4 Koloniewerk – conditie sterns**

### **4.4.1 Conditie grote sterns**

#### **4.4.1.a Kuikens**

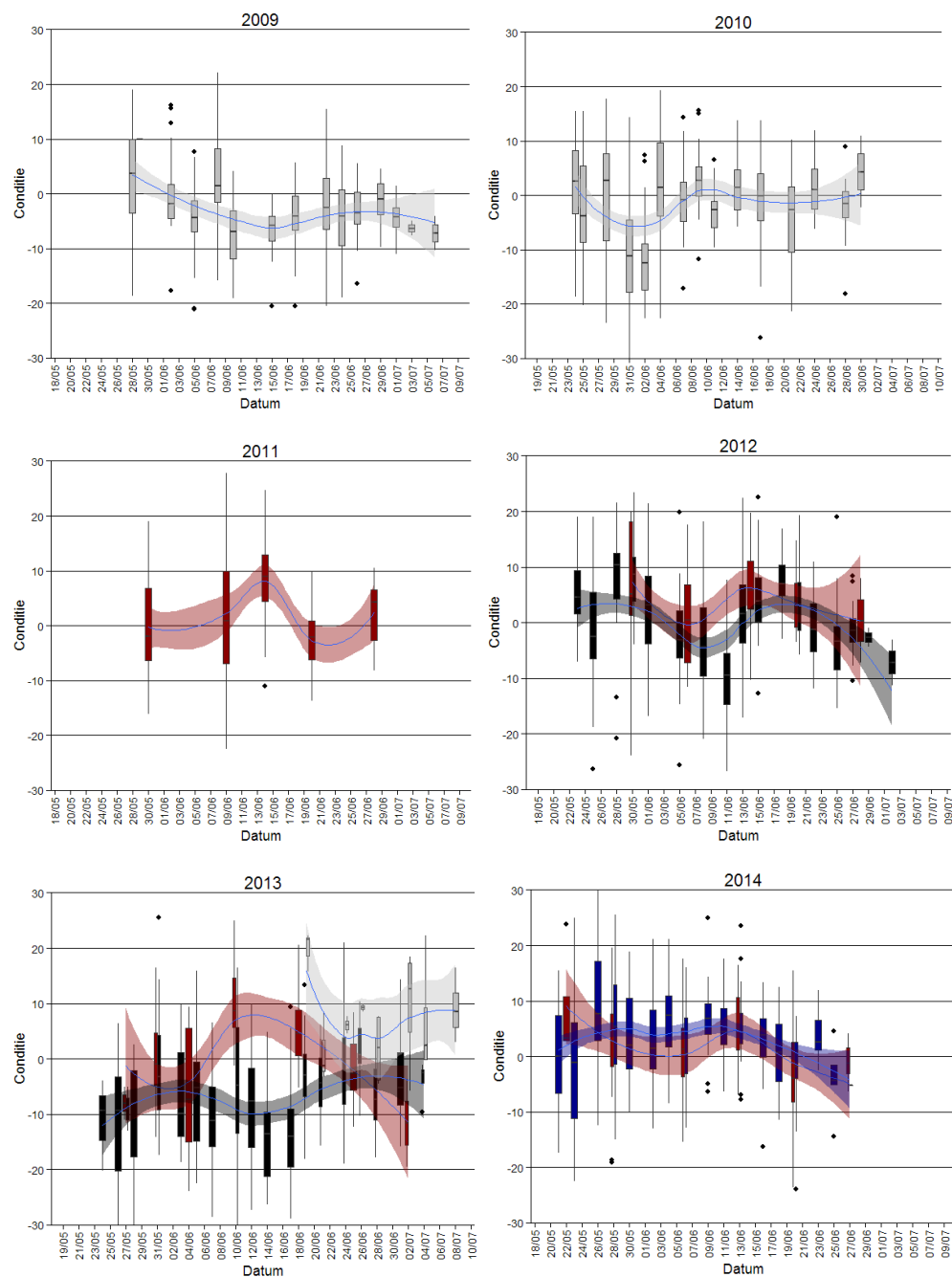
Figuur 4.4.1.1 laat voor elk jaar (2009-2014) en alle onderzochte kolonies de fluctuatie in de kuikenconditie van alle vliegvlug geworden kuikens zien. In elk jaar zijn vrij sterke fluctuaties te zien die mogelijk gerelateerd zijn aan voedselkwaliteit en/of -kwantiteit, maar ook aan weersomstandigheden.

Kuikens die dood werden gevonden of gepredeerd hadden een slechtere gemiddelde conditie dan kuikens die vliegvlug werden (Bijlage 2). In de eerste week was dat verschil meestal klein of zelfs helemaal niet aanwezig, maar in de dagen erna waren de dood gevonden kuikens veel lichter dan de kuikens die uiteindelijk uitvlogen. Tijdens de laatste dagen voor het uitvliegen van de kuikens werden nauwelijks nog dode kuikens gevonden.

In drie jaren (2012, 2013 en 2014) werden twee kolonies gevolgd. In 2012 en 2013 was dat zowel op de Scheelhoek als op Markenje, in 2014 op de Slijkplaat en Markenje. In 2012 liepen de condities in beide kolonies vrij gelijk, in 2013 echter hadden de vogels op Markenje halfweg juni een betere conditie dan de kuikens op de Scheelhoek. Een late vestiging op de Scheelhoek (Groot Duineneiland) had eveneens een veel betere kuikenconditie dan de eerste vestiging (Betoneiland).

In 2014 waren de kuikens zowel op de Slijkplaat als op Markenje gedurende het hele seizoen gemiddeld in goede conditie zonder noemenswaardige afwijkingen.

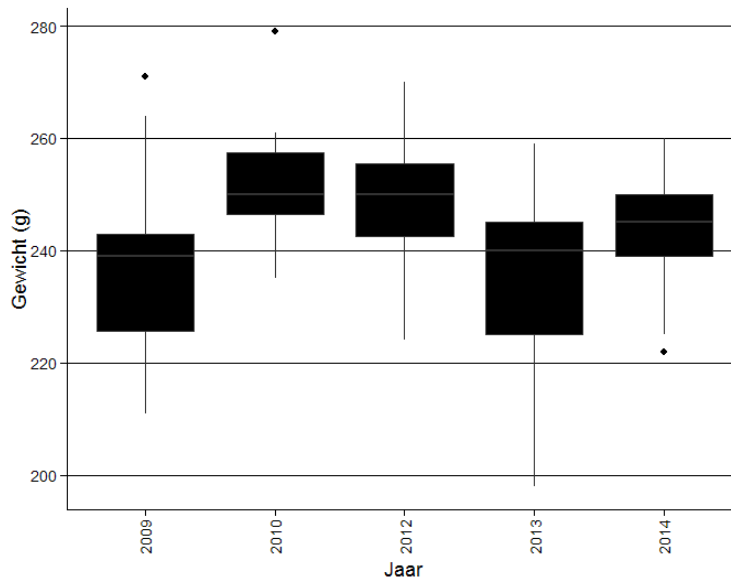




*Figuur 4.4.1.1 Conditie per datum van vliegvlug geworden kuikens van de grote stern in de onderzochte kolonies in het Deltagebied in de periode 2009-2014. De conditie is hier uitgedrukt als de procentuele afwijking van de lichaamsconditie (relatie tussen de kopsnavellengte (mm) en het gewicht (g)) van de kuikens ten opzichte van het gemiddelde voor Zeebrugge.*

#### 4.4.1.b Adulten

Als maat voor de conditie van adulte grote sterns werd het gemiddelde gewicht genomen van broedende adulten die werden gevangen in de tweede helft van mei en de eerste week van juni. Figuur 4.4.1.2 geeft de gewichten van de adulte vogels gevangen op de Scheelhoekeilanden in de periode 2009-2013 en de Slijkplaat in 2014 weer. In 2009 en 2013 waren de adulte grote sterns duidelijk lichter dan in de overige jaren.



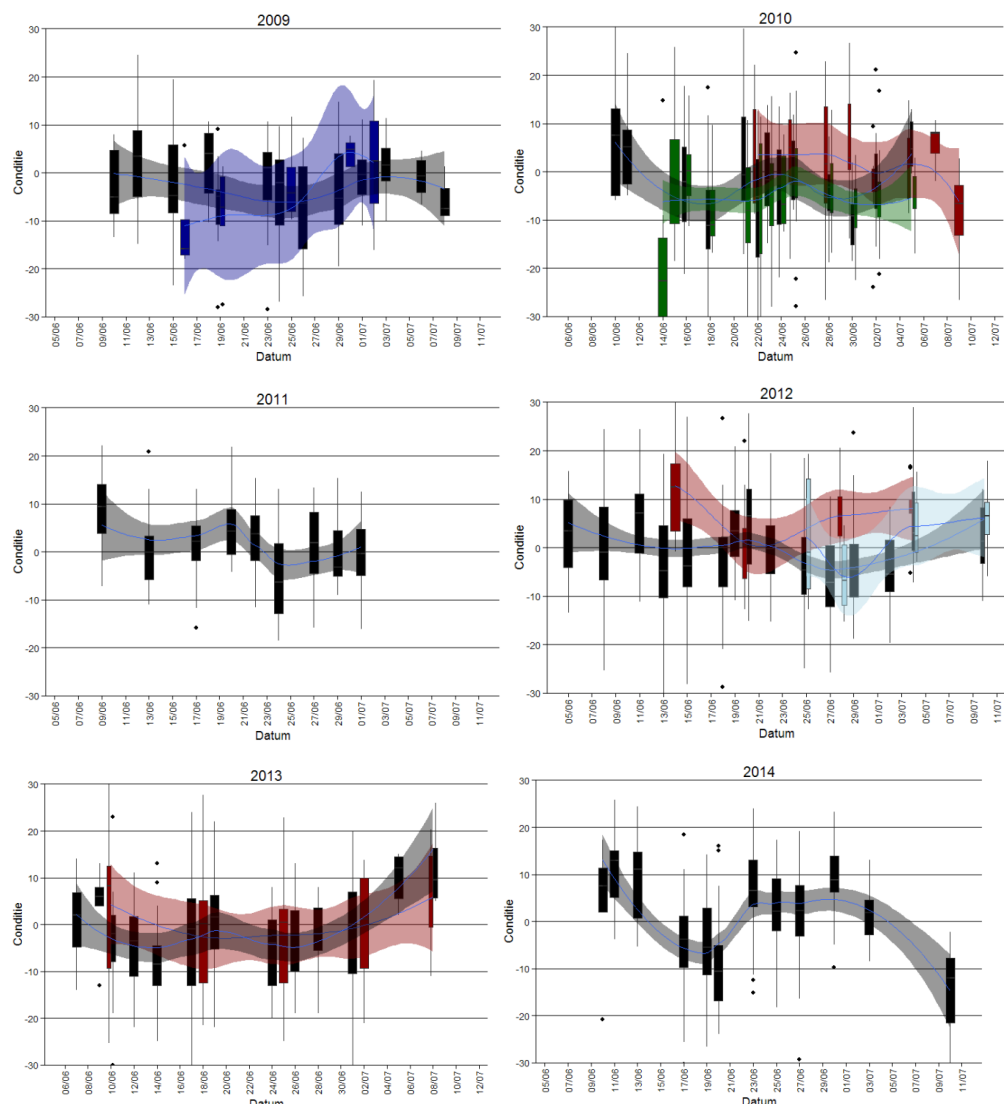
Figuur 4.4.1.2 Gewicht (g) van adulte grote sterns gevangen op de Scheelhoekeilanden (2009-2013) en de Slijkplaat (2014).

#### 4.4.2 Conditie visdieven

##### 4.4.2.a Kuikens

De kuikenconditie van visdieven verschilde sterk tussen de verschillende kolonies onderling en tussen de verschillende jaren (Anova;  $p < 0,001$ ). Figuur 4.4.2.1 geeft voor alle onderzoeksjaren het verloop weer van de kuikencondities in de loop van het seizoen voor de onderzochte kolonies. Ook hieruit blijkt dat er sterke verschillen in kuikenconditie zijn tussen kolonies in hetzelfde jaar en uitgesproken fluctuaties binnen een seizoen.

In 2014 werd alleen op de Scheelhoek een visdiefkolonie gevolgd. Globaal gezien verkeerden de kuikens (ondanks een mindere conditie in de tweede levensweek) hier in een erg goede conditie. De daling van de conditie op het einde van de kuikenperiode die in sommige jaren te zien is, wordt veroorzaakt door enkele laat geboren kuikens die nog in de enclosure zitten als de andere kuikens al zijn uitgevlogen.

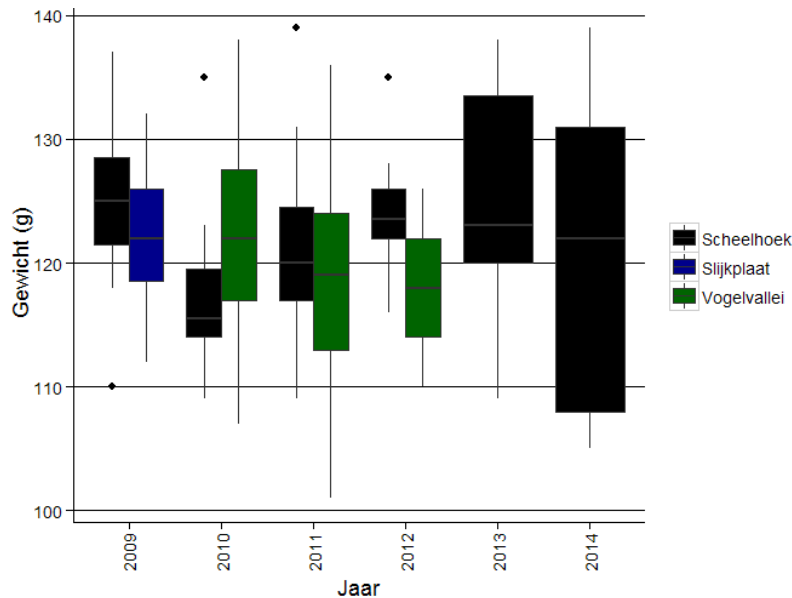


*Figuur 4.4.2.1 Conditie per datum van vliegvlug geworden kuikens van de visdief in de onderzochte kolonies in het Deltagebied in de periode 2009-2014. De conditie is hier uitgedrukt als de procentuele afwijking van de lichaamsconditie (relatie tussen de kopsnavellengte (mm) en het gewicht (g)) van de kuikens ten opzichte van de referentie-conditie voor het Deltagebied.*

#### 4.4.2.b Adulten

Als maat voor de conditie van adulte visdieven werd het gemiddelde gewicht genomen van broedende adulten die werden gevangen in de eerste helft van juni. Figuur 4.4.2.2 geeft de gewichten van de adulte vogels gevangen op de Scheelhoek eilanden, de Vogelvallei en de Slijkplaat weer in de periode 2009-2014. In sommige jaren werd een opvallend verschil in gewicht tussen verschillende kolonies vastgesteld (b.v. 2009,

2010 en 2012). In 2010 en 2011 verkeerden de adulte visdieven op de Scheelhoek in minder goede conditie dan in de overige jaren.



Figuur 4.4.2.2 Gewicht (g) van adulte visdieven gevangen op de Scheelhoekeilanden (2009-2014), de Slijkplaat (2009) en de Vogelvallei (2010-2012).

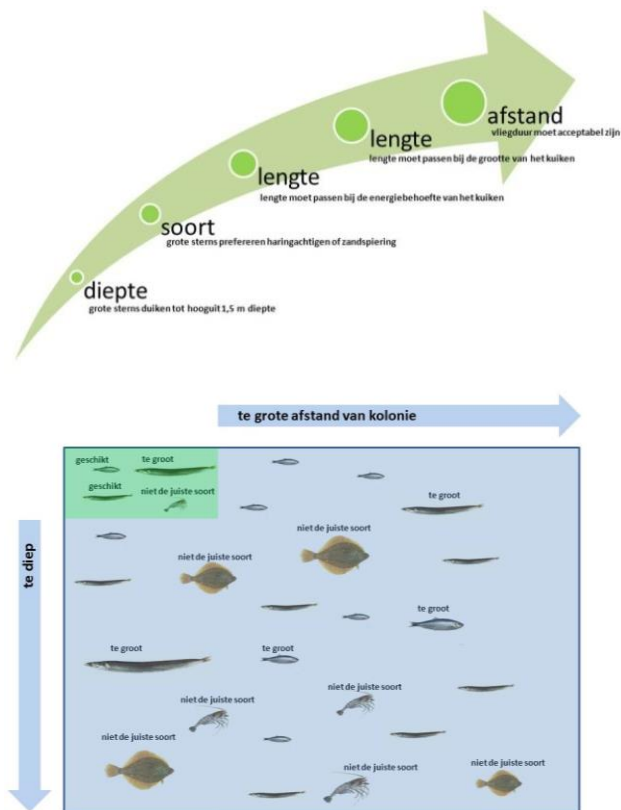
## 4.5 Koloniewerk – Voedseleecologie sterns

Het kolonie-onderzoek naar de voedseleecologie van grote stern en visdief levert basisinformatie noodzakelijk voor het beantwoorden van:

**Hypothese 3:** Het aantal broedende grote sterns/visdieven en het broedsucces van deze broedparen in de Delta is onafhankelijk van het voedselaanbod in de Voordelta

**MEP-evaluatievragen 3b & 4b:** Leidt het instellen van het Bodembeschermingsgebied tot een gelijkblijvende potentiële functie van de Voordelta voor de grote stern en visdief in termen van voedselbeschikbaarheid?

Sterns zijn superspecialisten op vlak van hun voedseleecologie. Ze zijn afhankelijk van slechts enkele prooi-soorten (Brenninkmeijer & Stienen 1992, Stienen & Brenninkmeijer 1992). Deze moeten zich bovendien in de bovenste meter van de waterkolom bevinden (figuur 4.5.1). In de broedtijd komen daar nog twee beperkingen bovenop: de vissen moeten zich op een niet al te grote afstand van de kolonie bevinden (zodat voldoende vissen per dag kunnen worden aangebracht om aan de energetische behoefte van de kuikens te voldoen) en de prooilengtes die geschikt zijn voor de kuikens zijn vrij beperkt.



Figuur 4.5.1 Schematische voorstelling van de verschillende beperkingen die de prooikeuze van grote sterns beïnvloeden.

Het voedselaanbod en de voedselkwaliteit kunnen de drijvende krachten zijn achter het lot van sternenuikens en dus het broedsucces. Dit kan weer invloed hebben op het aantal vogeldagen in de Delta. Bij aanvang van het onderzoek bestond er weinig specifieke kennis over de voedselsamenstelling en het foerageergedrag van grote stern en visdief in het noordelijke Deltagebied (Meiningen *et al.* 2000). Hierdoor was het onmogelijk om op voorhand de effecten van de aanleg van de Tweede Maasvlakte en het instellen van het Bodembeschermingsgebied juist in te schatten.

Het onderzoek richtte zich daarom in eerste instantie op het verzamelen van basiskennis over het dieet van kuikens (procentuele sortsamenstelling, prooilengtes, energetische waarde, foerageerduur) in enkele kolonies in de nabijheid van de Tweede Maasvlakte. Ook het dieet van de oudervogels werd onderzocht. Dat laatste werd gedaan omdat van andere kolonies bekend was dat het dieet van volwassenen een sterk verschillende samenstelling had van dat van kuikens; zowel naar prooi-soorten als naar de lengteverdeling van de prooien (Vanaverbeke *et al.*, 2007).

In dit deel wordt hoofdzakelijk de kwaliteit van het sternenvoedsel onderzocht. Hieronder wordt verstaan de dieetsamenstelling en de lengtefrequentieverdeling van de prooivissen. Uit voorgaand onderzoek is bijvoorbeeld bekend dat haringachtigen in

andere kolonies belangrijk zijn voor het grootbrengen van sternenuikens, omdat dit relatief gezien de energierijkste prooivissen zijn (Brenninkmeijer & Stienen 1992, Stienen & Brenninkmeijer 1992, Stienen 2006). De procentuele dieetsamenstelling geeft op die manier inzicht in het al dan niet aanwezig zijn van bepaalde prooi-soorten in de ruime omgeving van de broedkolonies, waarbij visdief eerder een beeld geeft van de nabije omgeving van de kolonie en grote stern van de ruimere omgeving vanwege het verschil in foerageerafstand van de twee soorten. Ook is bekend dat de lengteverdeling en de energetische waarde van de aangevoerde prooi een grote rol speelt, de prooivissen mogen noch te groot, noch te klein zijn voor het succesvol grootbrengen van een kuiken. Het dieet van adulte vogels kan dan weer bepalend zijn voor hun broedprestaties waarbij adulte vogels in goede conditie allicht grotere legfels produceren, beter in staat zijn de eieren succesvol uit te broeden en de kuikens groot te brengen.

De in dit deel verzamelde data geven via de gemeten foerageerduur die nodig is om prooivissen van een bepaalde soort en lengte naar de kolonie te brengen een indicatie van het effectieve voedselaanbod in de noordelijke Delta. De bevindingen over de voedselsamenstelling in de kolonie moeten vervolgens worden getoetst aan kwantitatieve data verkregen via visbemonstering: weinig haring in het dieet kan bijvoorbeeld betekenen dat er weinig haring aanwezig is in de foerageergebieden, dat de haring te ver van de kolonie verwijderd is om profijtelijk hierop te kunnen foerageren of dat bijvoorbeeld zandspiering zo abundant aanwezig is dat deze soort profijtelijker is om aan de kuikens te voeren.

#### **4.5.1 Dieet en foerageergedrag grote stern**

##### **4.5.1.a Dieetsamenstelling adulte grote sterns**

Figuur 4.5.1.1 geeft de procentuele soortensamenstelling (op basis van aantallen) en de energetische compositie van het dieet van adulte grote sterns op de Scheelhoek en Markenje van 2009 tot en met 2014 op basis van de voedselresten die werden aangetroffen in fecesmonsters. Hoewel de procentuele voedselsamenstelling van de oudervogels sterk varieerde, bestond het leeuwendeel in elk jaar uit haringachtigen *Clupeidae*, zandspieringen *Ammodytidae* en *Nereis sp.*. Andere vissoorten werden slechts in geringe mate (meestal <3% behalve in 2013) in het dieet aangetroffen.

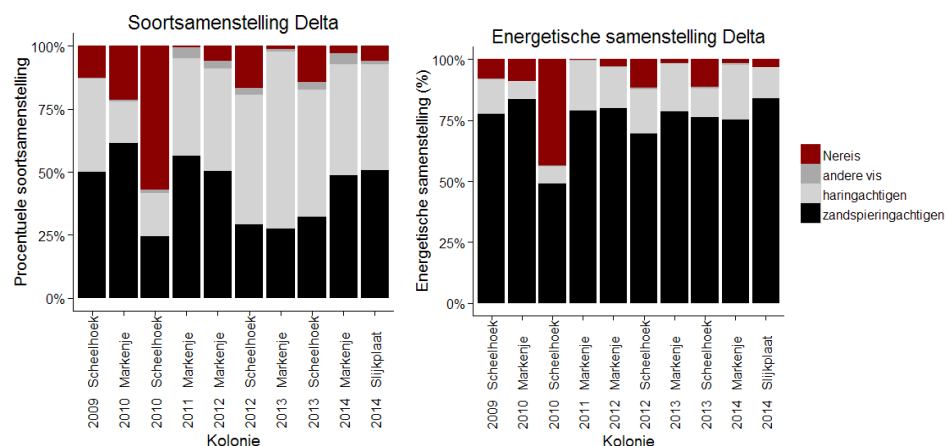
Globaal gezien is er een duidelijk verschil tussen de procentuele soortensamenstelling van het adulte dieet zowel tussen de beide kolonies ( $X^2 = 553,0$ ;  $df = 2$   $p < 0,001$ ) als binnen de kolonies tussen de verschillende jaren (Scheelhoek  $X^2 = 653,0$ ,  $df = 6$ ; Markenje  $X^2 = 358,6$ ,  $df = 6$ ;  $p < 0,001$ ; figuur 4.5.1.1). In alle jaren waarin beide kolonies waren bezet lag het percentage *Nereis*-wormen hoger op de Scheelhoek en het percentage zandspiering hoger op Markenje.

Ondanks het feit dat haringachtigen vaak een groot deel van het adulte dieet uitmaken is het energetische belang van haringachtigen gering ten opzichte van dat van

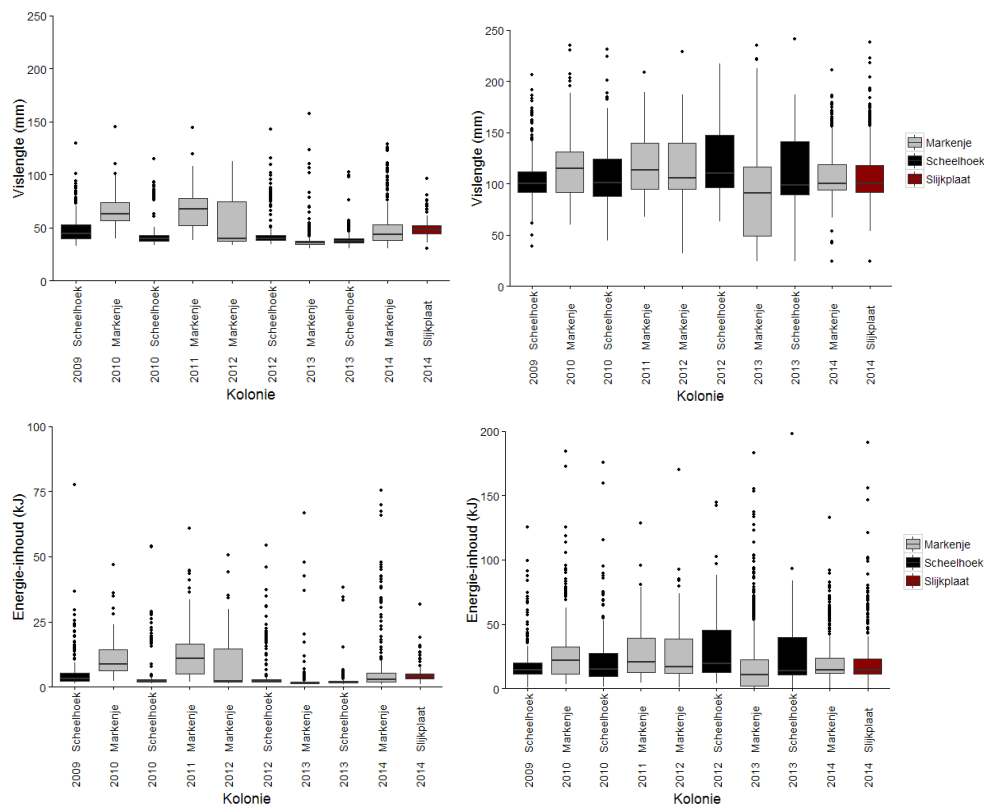
zandspiering (figuur 4.5.1.1). In de meeste jaren werd 70 tot 85% van het energie-budget van adulte vogels uit zandspiering gehaald tegenover 5 tot 25% uit haringachtigen. Dit is een gevolg van het feit dat de haringachtigen die door adulten worden gegeten veel kleiner zijn dan de zandspieringen, wat zich vertaalt in een veel lagere energie-inhoud. Gemiddeld is dit voor de meest geconsumeerde lengtes van haringachtigen (2 tot 7 cm) 4,6 kJ, en voor zandspieringen (10 tot 14 cm) 25,8 kJ. *Nereis*-wormen maakten in de meeste jaren 0 tot 10% van het energie-budget uit, uitzondering hierop is 2010 toen op de Scheelhoek ruim 40% van de energie uit *Nereis sp.* werd gehaald. Andere vis maakte in geen enkel jaar meer dan 0,5% uit van de energiewaarde. De energetische samenstelling van het dieet binnen beide kolonies verschilde tussen jaren (Scheelhoek  $X^2 = 68,6$ ,  $df = 6$ ; Markenje  $X^2 = 231,3$ ,  $df = 6$ ;  $p < 0,001$ ), maar niet tussen kolonies in hetzelfde jaar, dit met uitzondering van 2010 ( $X^2 = 34,5$ ,  $df = 2$ ;  $p < 0,001$ ).

Zowel de lengte als de energie-inhoud van de haringachtigen in het dieet van adulte grote sterns verschilt sterk tussen jaren (Anova;  $p < 0,001$ ) en tussen de onderzochte kolonies (t-test;  $p < 0,05$ ; figuur 4.5.1.2). Bij zandspiering zijn er eveneens verschillen tussen jaren in lengte en energie-inhoud (Anova;  $p < 0,001$ ), maar het relatieve verschil in energie-inhoud is veel minder groot dan bij de haringachtigen (een factor 1,4 voor zandspiering tegenover een factor 20 voor haringachtigen).

In 2014 werd zowel op Markenje als op de Slijkplaat feces verzameld net voor het uitkomen van de eieren. De soortsaamenstelling was erg vergelijkbaar tussen beide kolonies (in beide kolonies ongeveer 50% zandspieringachtigen en 40% haringachtigen). Zowel de gemiddelde lengte van de zandspieringachtigen (respectievelijk 108 en 109 mm) als van de haringachtigen (respectievelijk 50 en 49 mm) was in beide kolonies ongeveer hetzelfde.



**Figuur 4.5.1.1** Procentuele soortsaamenstelling en energetische saamenstelling van het dieet van adulte grote sterns (gebaseerd op het totale aantal otolieten voor vissoorten en het aantal kaken voor *Nereis*-wormen) in de Scheelhoek, Markenje en de Slijkplaat (2009-2014).



Figuur 4.5.1.2 Lengte (mm; boven) en E-inhoud (kJ; onder) van haringachtigen (links) en zandspieringen (rechts) aangetroffen in het dieet van adulte grote sterns in de onderzochte kolonies (2009-2014).

#### 4.5.1.b Dieetsamenstelling kuikens grote stern

In figuur 4.5.1.3 wordt de soortsaamenstelling en de energetische compositie van het dieet van de kuikens van grote sterns op de Scheelhoek, de Slijkplaat en Markenje weergegeven voor de periode 2009-2014.

Globaal gezien is er een significant verschil tussen de procentuele soortsaamenstelling van het kuikendieet binnen de kolonies tussen de verschillende jaren (Scheelhoek  $X^2 = 56,9$ ,  $df = 6$ ; Markenje  $X^2 = 17,7$ ,  $df = 6$ ;  $p < 0,001$ ) en tussen beide kolonies in 2012 ( $X^2 = 18,7$ ,  $df = 2$ ;  $p < 0,001$ ; figuur 4.5.1.3).

Het globale patroon is in de meeste jaren hetzelfde met ongeveer 30 tot 40% zandspiering en verder vooral haringachtigen. Uitzonderingen hierop zijn 2009 en 2012 op de Scheelhoek, waar het dieet nagenoeg volledig uit haringachtigen bestond. Opvallend zijn verder de relatief hoge percentages andere vissen die in 2013 zowel op de Scheelhoek als op Markenje werden aangebracht.

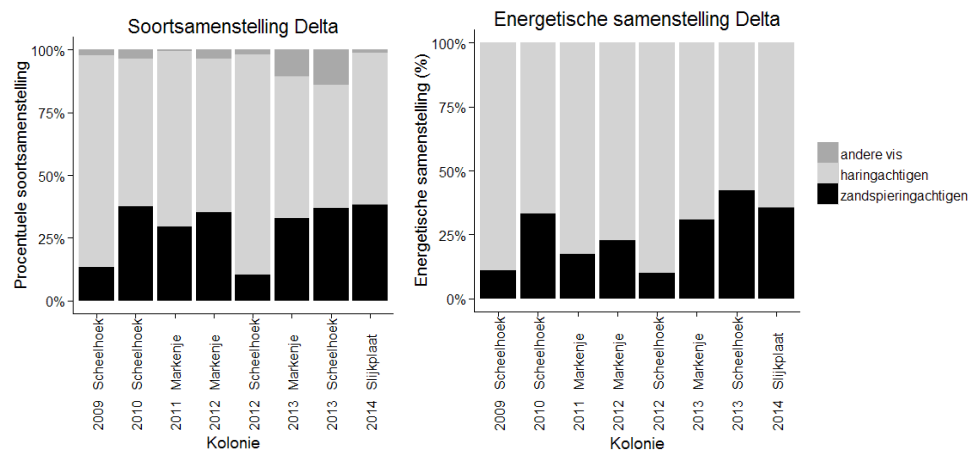
De energetische compositie van het kuikendieet verschilde binnen kolonies tussen jaren (Scheelhoek  $X^2 = 43,0$ ,  $df = 6$ ; Markenje  $X^2 = 25,9$ ,  $df = 6$ ;  $p < 0,001$ ), maar niet



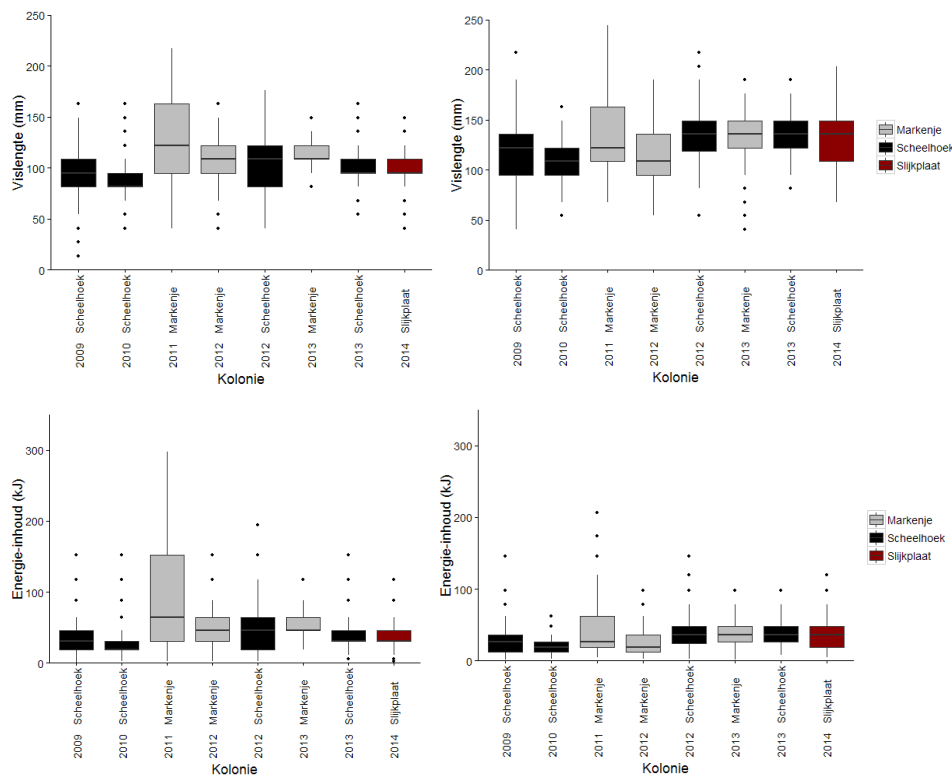
tussen beide kolonies in hetzelfde jaar (figuur 4.5.1.3). Niettemin maakten haringachtigen in alle jaren de bulk van het energie-budget uit. In 2010 en 2014 en zeker in 2013 was echter ook zandspiering erg belangrijk in het dieet. De energetische bijdrage van andere vissen was verwaarloosbaar, ook in jaren waarin een relatief groot percentage andere vis werd aangevoerd.

De lengte en de energie-inhoud van de haringachtigen en zandspieringen in het dieet van de kuikens van grote stern verschilt tussen jaren (Anova;  $p < 0,001$ ) en tussen kolonies (t-test;  $p < 0,05$ ; figuur 4.5.1.4).

In 2014 werden op de Slijkplaat ongeveer 35% zandspieringachtigen aangevoerd. Deze leverden ongeveer een derde van de naar de kuikens aangevoerde energie. Gemiddeld waren de haringachtigen die naar de kuikens op de Slijkplaat werden aangevoerd 100 mm lang, de zandspieringachtigen 129 mm.



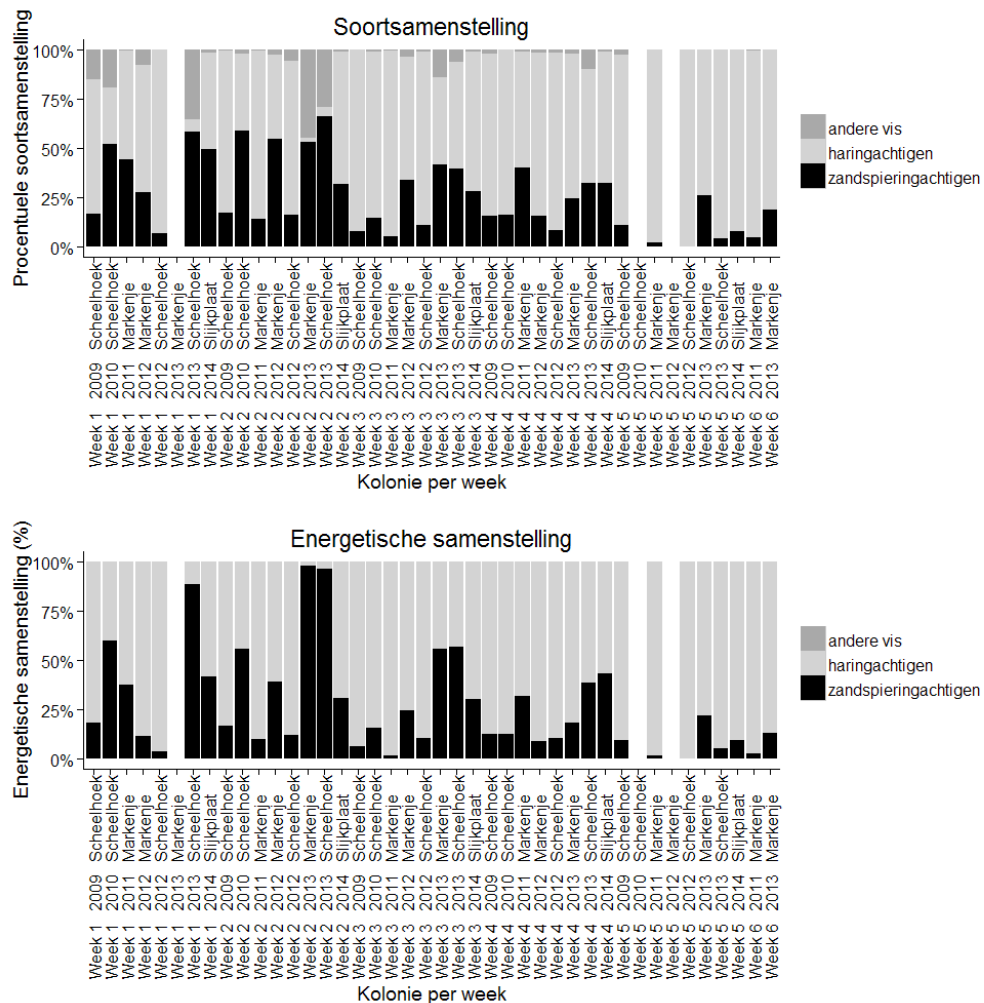
**Figuur 4.5.1.3** Procentuele soortsamenstelling en energetische samenstelling van het dieet van kuikens van de grote stern op de Scheelhoek, de Slijkplaat en Markenje in de periode 2009-2014.



*Figuur 4.5.1.4 Gemiddelde lengte (mm.; boven) en E-inhoud (kJ.; onder) van haringachtigen (links) en zandspieringen (rechts) in het dieet van juveniele grote sterns in de onderzochte kolonies.*

Figuur 4.5.1.5 geeft de procentuele dietsamenstelling van de kuikens van grote sterns op de Scheelhoek, Markenje en de Slijkplaat weer per levensweek. Vanaf de derde levensweek bestond het dieet in alle jaren en alle kolonies voor het grootste gedeelte uit haringachtigen. Vooral in de eerste twee levensweken speelde zandspierung vaak een erg belangrijke rol. Zowel in 2010, 2011, 2012 (Markenje), 2013 als 2014 (Slijkplaat) werd relatief veel zandspierung aangebracht in de eerste twee levensweken. In 2013 bestond de rest van het dieet tijdens de eerste twee levensweken nagenoeg volledig uit andere vis(vooral voorns en grondels). Ook wanneer dit in energie wordt uitgedrukt wordt duidelijk dat zandspierung tijdens de eerste twee levensweken in de meeste jaren erg belangrijk is voor het grootbrengen van de kuikens. Het meest opvallend was dit in 2013 toen de haringachtigen gemiddeld erg klein waren en de kuikens nagenoeg het volledige broedseizoen afhankelijk waren van zandspierung voor hun energievoorziening.

In 2014 werd tijdens de eerste levensweek ongeveer 50% zandspierung aangevoerd naar de kuikens op de Slijkplaat. In de volgende weken stabiliseerde dat op ongeveer 30%, wat relatief veel is in vergelijking met de voorgaande jaren.

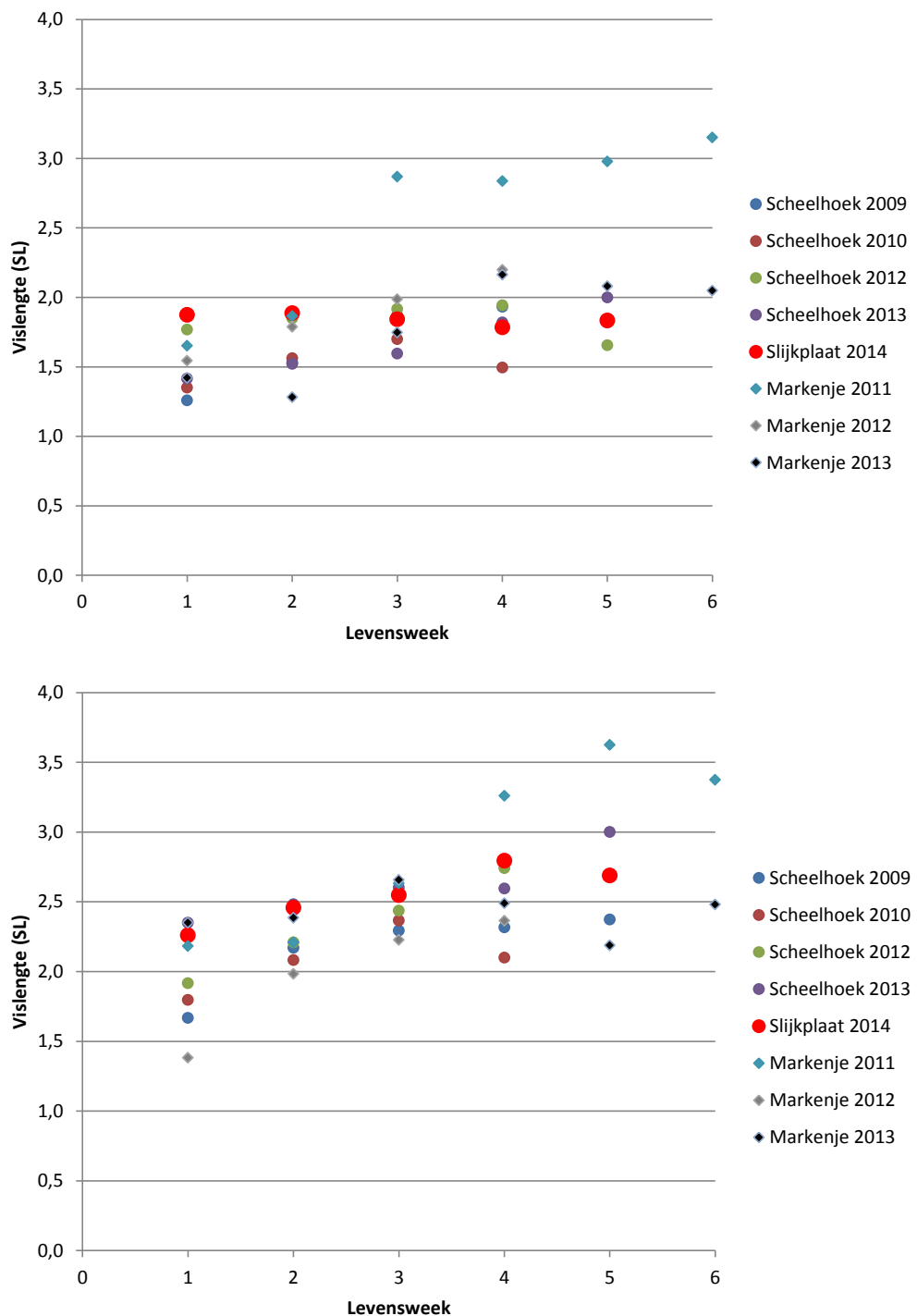


Figuur 4.5.1.5 Procentuele soortsamenstelling (aantallen; boven) en energetische samenstelling (kJ; onder) per levensweek van kuikens van grote sterns op de Scheelhoek, Markenje en de Slijkplaat in de periode 2009-2014. De eerste levensweek is de eerste week na de gemiddelde uitkomstdatum van de kuikens uit de A-eieren en de één-legsels.

#### 4.5.1.c Prooilengte- en aanvoer kuikens grote sterns

De lengte van de belangrijkste prooi-soorten voor kuikens van grote sterns (haringachtigen en zandspieringen) wordt per levensweek weergegeven in figuur 4.5.1.6. Naarmate de kuikens groter worden brengen de ouders grotere haringachtigen en zandspieringen aan. In de eerste levensweek ligt de gemiddelde lengte van de aangebrachte haringachtigen rond de 1,5 SL (ongeveer 8 cm) en die van zandspiering rond de 2 SL (ongeveer 11 cm). In de vierde levensweek is dat respectievelijk 2 SL en 2,5 SL (ongeveer 13,5 cm). In de eerste drie levensweken ligt de lengte van de aangebrachte vissen in de verschillende jaren ongeveer een halve snavel-lengte uit elkaar (met uitzondering van haringachtigen in 2013 en zandspiering in de eerste levensweek). Daarna treedt een grotere spreiding op.

In 2014 werd op de Slijkplaat een afwijkend patroon vastgesteld bij de aangevoerde haringachtigen. Deze waren al in de eerste levensweek van de kuikens gemiddeld 1,8 SL groot (en daarmee het grootst van alle onderzoekjaren). Door het broedseizoen heen bleef de gemiddelde grootte ongeveer gelijk. Ook de aangevoerde zandspierungachtigen waren in de eerste levensweek van de kuikens vrij groot (2,3 SL). Naarmate de kuikens ouder werden, werden ook steeds grotere zandspierungachtigen aangevoerd met in de vierde levensweek een gemiddelde lengte van 2,8 SL.

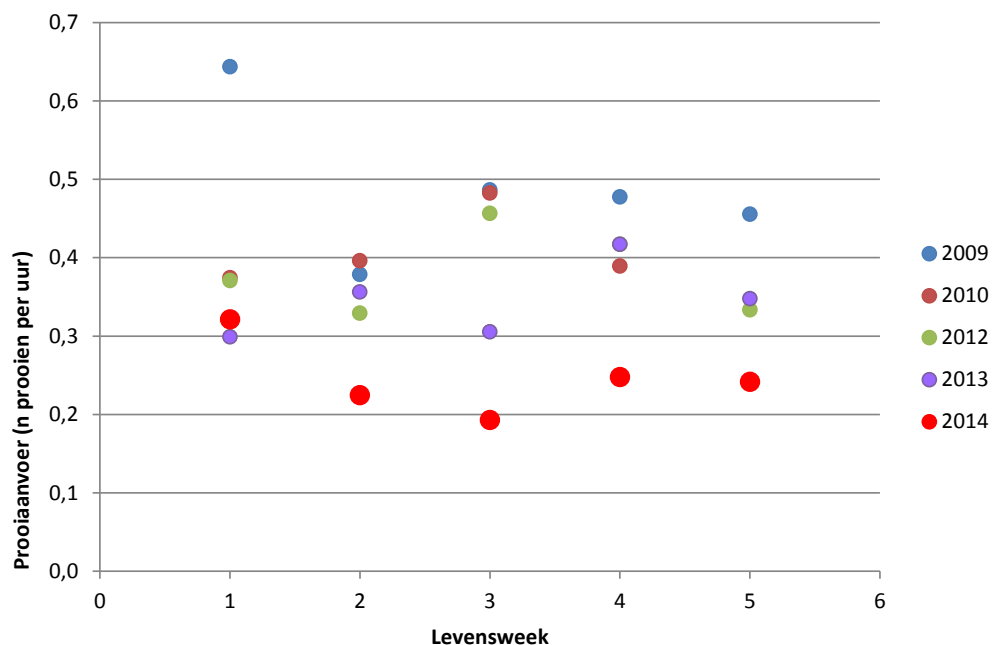


*Figuur 4.5.1.6 Gemiddelde lengte van de aangevoerde haringachtigen (boven) en zandspieringen (onder) in aantal snavellengtes (= 5,43 cm) per levensweek van de kuikens van grote sterns in de onderzochte kolonies.*

De aanvoerfrequentie van prooien (n prooien per kuiken per uur) naar de kuikens van grote sterns op de Scheelhoek wordt weergegeven in figuur 4.5.1.7. Het aantal prooien dat werd aangebracht bleef binnen de verschillende jaren relatief gelijk

naarmate de kuikens ouder werden. Tussen de verschillende jaren lijkt het verschil op het eerste gezicht niet zo groot, het minimum over het volledige broedseizoen bedraagt 0,35 prooien/uur in 2013, het maximum 0,47 prooien/uur in 2009. Op een volledige dag van 18 uur maakt dat niettemin een verschil van ongeveer drie prooien. In 2009 werden in de eerste levensweek van de kuikens erg veel, maar wel kleine haringachtigen aangebracht.

In 2014 lag de aanvoerfrequentie opvallend laag. Alleen in de eerste levensweek van de kuikens was ze normaal te noemen (0,32 prooien/uur), maar daarna was de aanvoer van prooien soms maar de helft van wat in andere jaren werd gezien. Gemiddeld werden over het volledige broedseizoen maar 0,25 prooien/uur aangebracht, nog minder dan in 2009 dus.

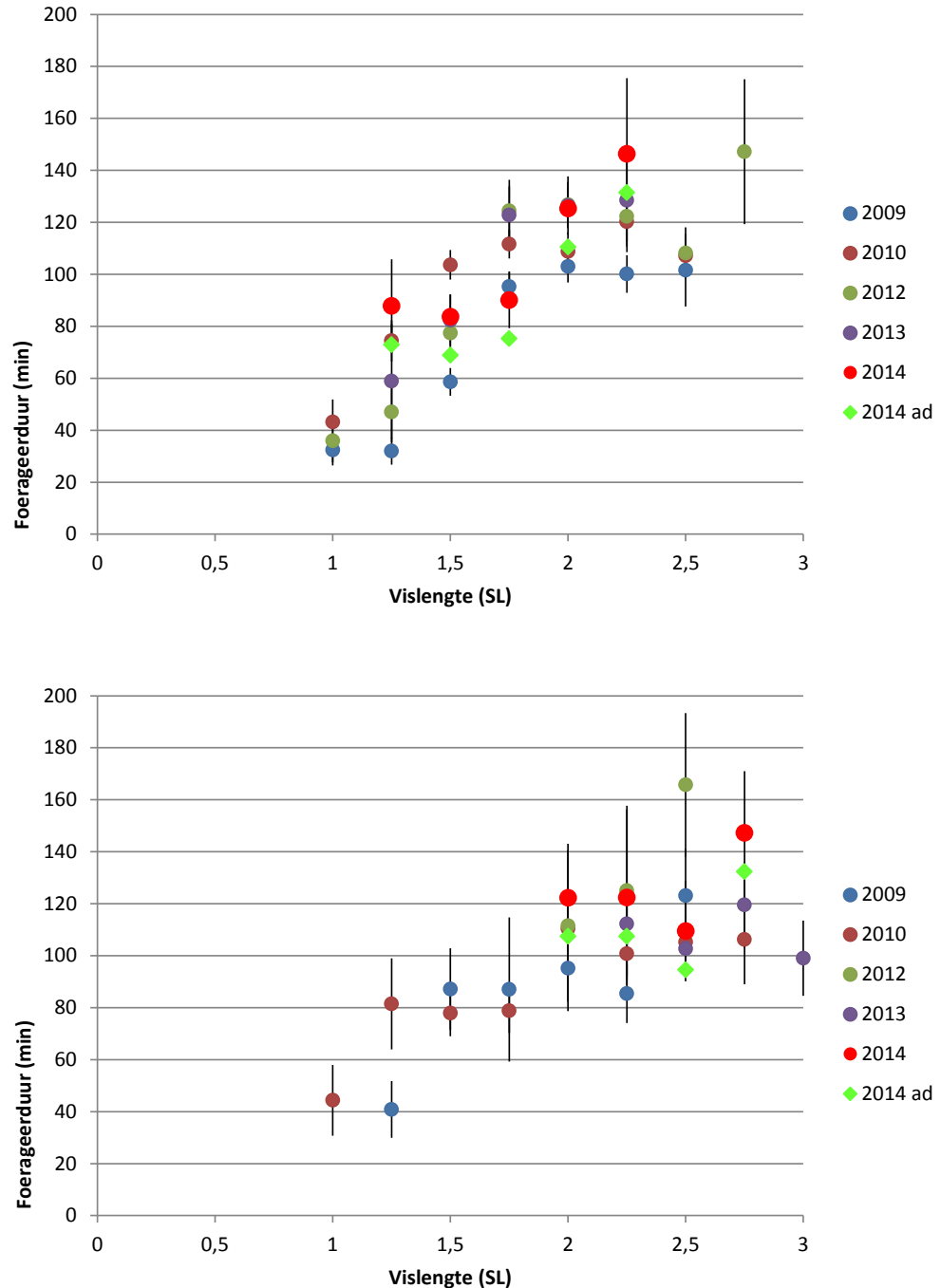


*Figuur 4.5.1.7 Relatie tussen de leeftijd van de kuikens van grote sterns en de aanvoerfrequentie van prooien op de Scheelhoek in de periode 2009-2014.*

Figuur 4.5.1.8 toont de foerageerdur voor haringachtigen en zandspieringen per lengteklasse van 0,25 SL in de vier onderzoekjaren op de Scheelhoek en voor 2014 op de Slijkplaat. Voor haringachtigen van 1 tot 1,75 SL (5 tot 10 cm) geldt dat het steeds meer tijd kost om grotere haringachtigen aan te brengen. Voor haringachtigen groter dan 1,75 SL blijft de foerageerdur relatief constant tussen de 100 en 130 minuten. Een enigszins vergelijkbaar patroon is te zien bij zandspiering waar het ook minder tijd kost om kleinere exemplaren aan te brengen. Voor zandspieringen van meer dan 2 SL (11 cm) bedraagt de foerageerdur tussen de 90 en de 120 minuten.

In 2014 lag de aanvoertijd voor de meeste lengtes van zowel haringachtigen en zandspieringachtigen vrij hoog (rode stippen). Wanneer gecorrigeerd wordt voor de ligging van de Slijkplaat ten opzicht van de Scheelhoek (ca. 7 km meer landinwaarts

en hiervoor een kwartier vliegtijd wordt afgetrokken), blijkt de foerageerduur eerder gemiddeld te zijn (groene diamanten).

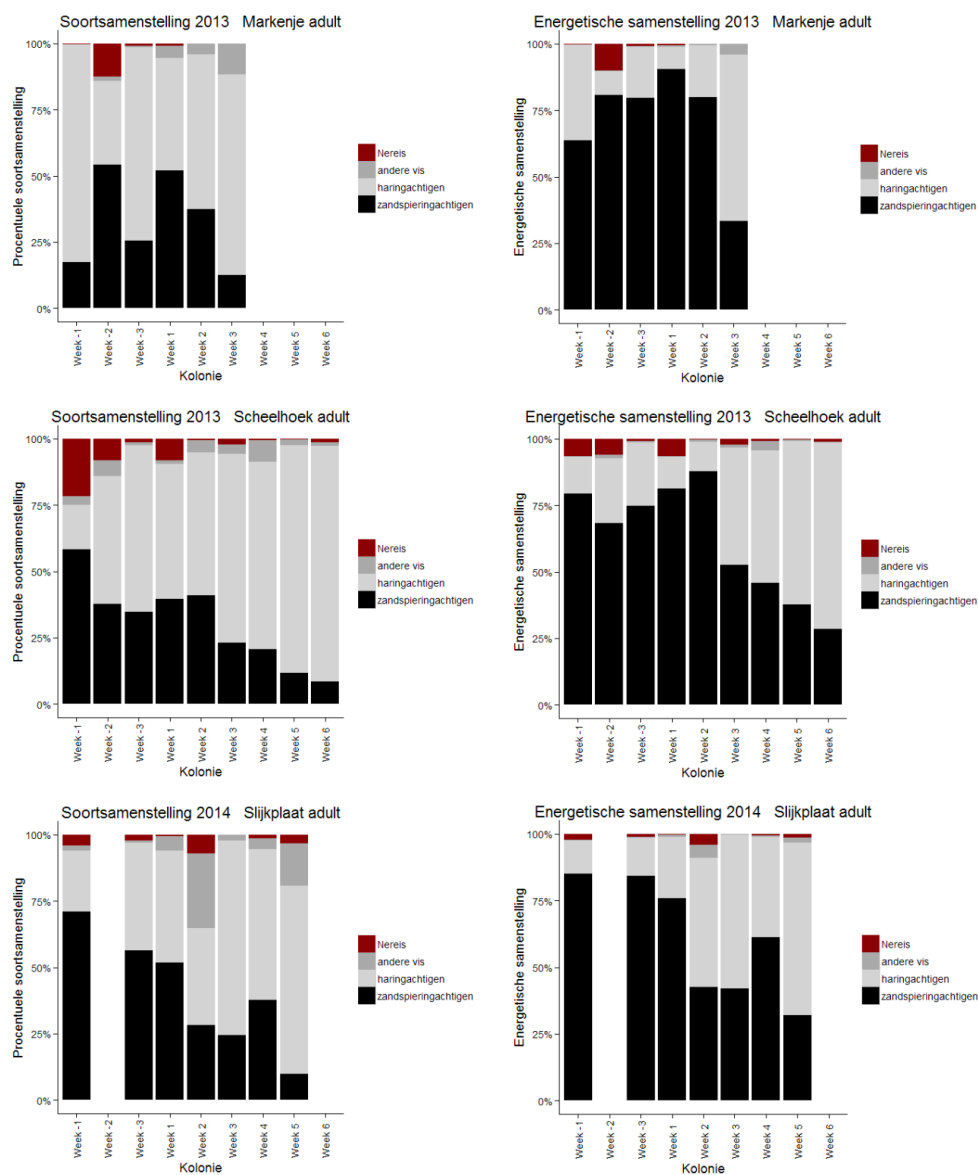


Figuur 4.5.1.8 Gemiddelde foerageerduur (min  $\pm$  s.e.) voor haringachtigen (boven) en zandspieringen (onder) op de Scheelhoek in 2009-2013 en de Slijkplaat in 2014. De groene diamanten geven de vliegtijd gecorrigeerd voor de ligging van de Slijkplaat ten opzichte van de Scheelhoek weer.

#### **4.5.1.d Vergelijking dieet adulte en kuikens grote sterns op basis van gedetailleerde samples**

Figuur 4.5.1.9 geeft de soort- en energetische samenstelling van het adulte dieet per weeknummer voor de verschillende jaren en kolonies. Deze figuur laat toe de veranderingen van het dieet van de adulten te vergelijken binnen één seizoen en dit tussen jaren en tussen de verschillende kolonies. In de meeste gevallen nam het numerieke percentage zandspieringachtigen af naarmate het broedseizoen vorderde. Maar, opvallend genoeg, bleven zandspieringachtigen energetisch gezien ook na de geboorte van de kuikens een erg belangrijke rol blijven spelen voor de adulte vogels. In 2013 werd tot 2 weken na het uitkomen van de kuikens ruim 75% van de energie uit zandspieringachtigen gehaald, in 2014 tot de eerste week. Daarna nam het aandeel zandspieringachtigen af, maar tot het eind van het seizoen haalden de adulte vogels nog steeds 30 tot 50% van hun energie uit zandspieringachtigen.

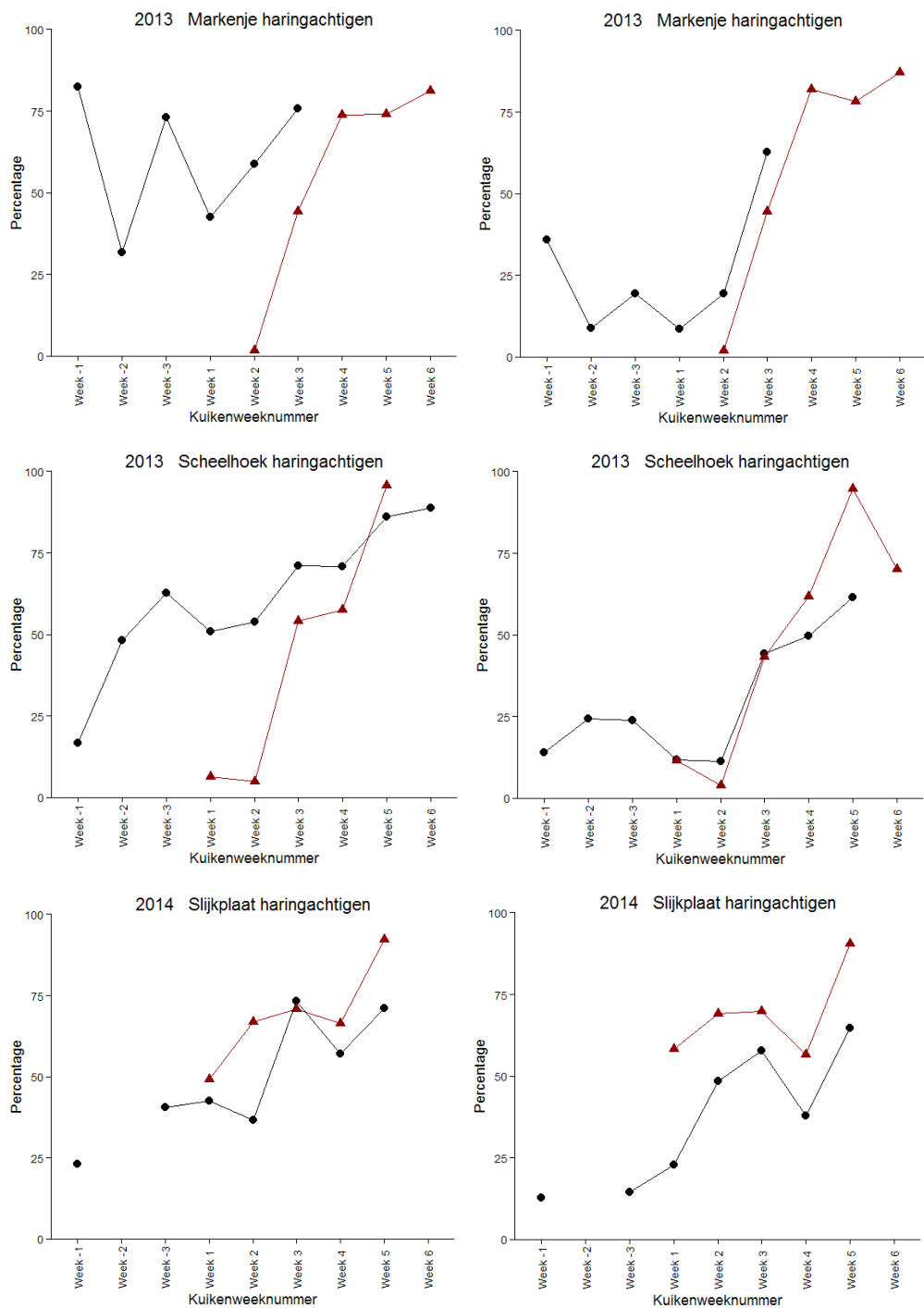




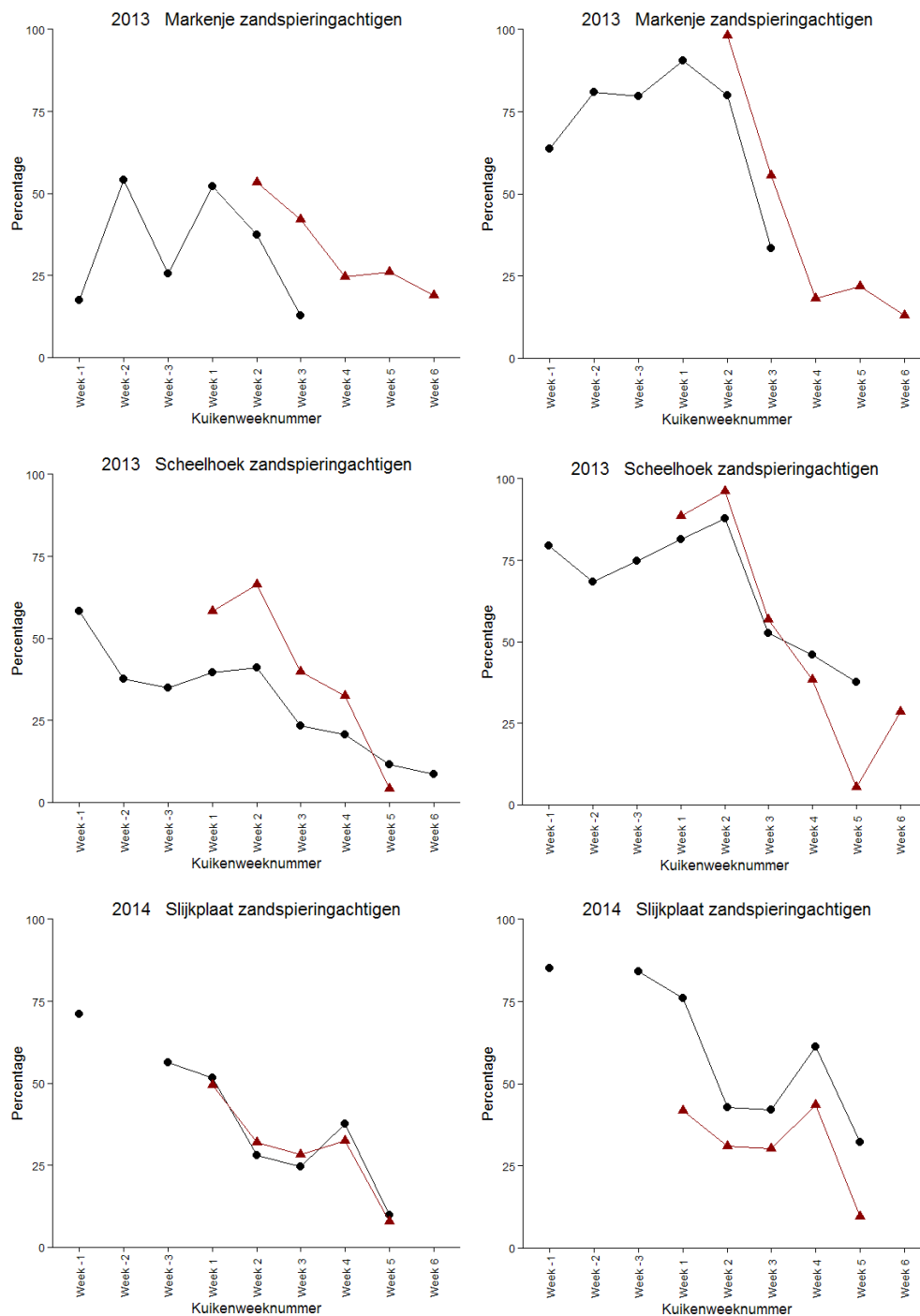
**Figuur 4.5.1.9** Veranderingen in de procentuele en energetische samenstelling van het dieet van adulte grote sterns vanaf het moment van eerste eileg (week -1\*) tot 6 weken nadat de eerste kuikens zijn uitgekomen (week 6) in de onderzochte kolonies in 2013 en 2014 aan de hand van fecesmonsters. \* De eerste levensweek (week 1) is de eerste week na de gemiddelde uitkomstdatum van de kuikens uit A-eieren en één-legsels in de enclosures.

De Figuren 4.5.1.10 en 4.5.1.11 geven per levensweek van de kuikens het percentage haringachtigen en zandspieringachtigen in het dieet van adulten (zwarte lijn en symbolen) en kuikens van grote sterns (rode lijn en symbolen) weer (linker figuren) en ook het energetische equivalent hiervan (rechter figuren). De numerieke samenstelling (figuren links) vertoont in de meeste gevallen (behalve Markenje 2013) een sterke toename in het percentage haringachtigen zowel in het kuikendieet als in het dieet van

de oudervogels. Dit patroon wordt nog duidelijker als het dieet wordt uitgedrukt in energetische samenstelling (figuren rechts). Vanaf het begin van de eileg tot ongeveer de eerste week van de kuikenfase lag het energetische percentage van haringachtigen vrijwel altijd onder de 25%. Daarna zien we steevast een sterke toename van dit percentage zowel in het adulte als het kuikendieet, in de meeste gevallen tot boven de 75%. Voor wat betreft zandspiering is het seizoenpatroon bijna het tegenovergestelde (afgezien van sommige weken waarin er relatief veel andere prooien dan haringachtigen werden geconsumeerd).

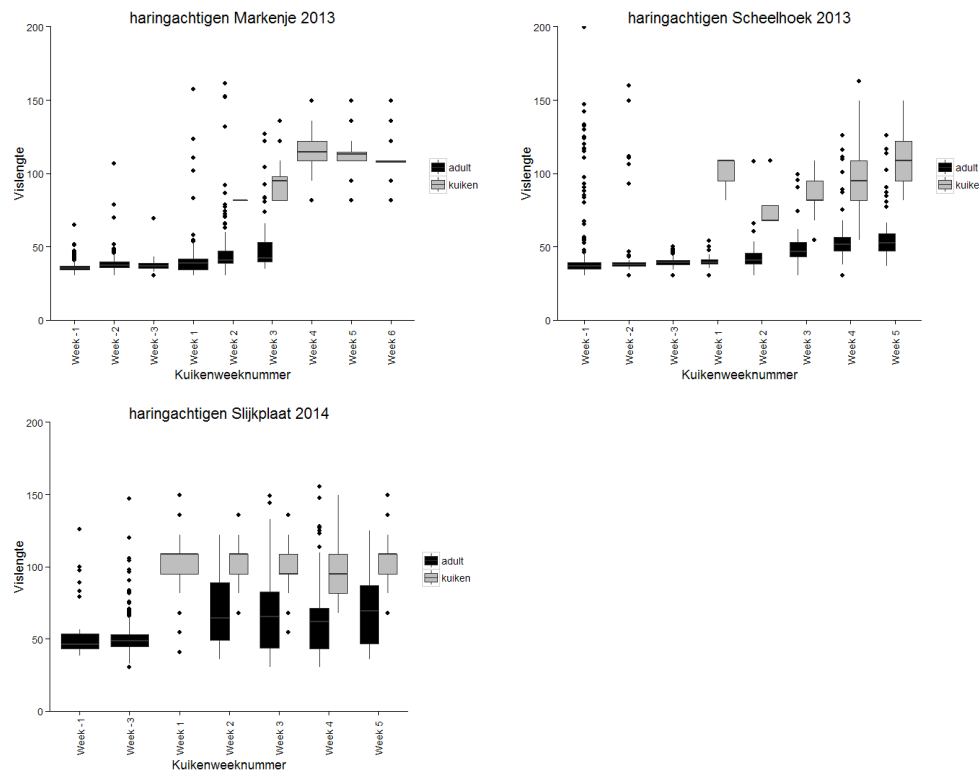


Figuur 4.5.1.10 Percentage haringachtigen in het adulte dieet (zwarte lijnen en symbolen) en kuikendieet (rode lijnen en symbolen) van grote sterns per levensweek van de kuikens (linker figuren) en het energetische equivalent hiervan (rechter figuren).

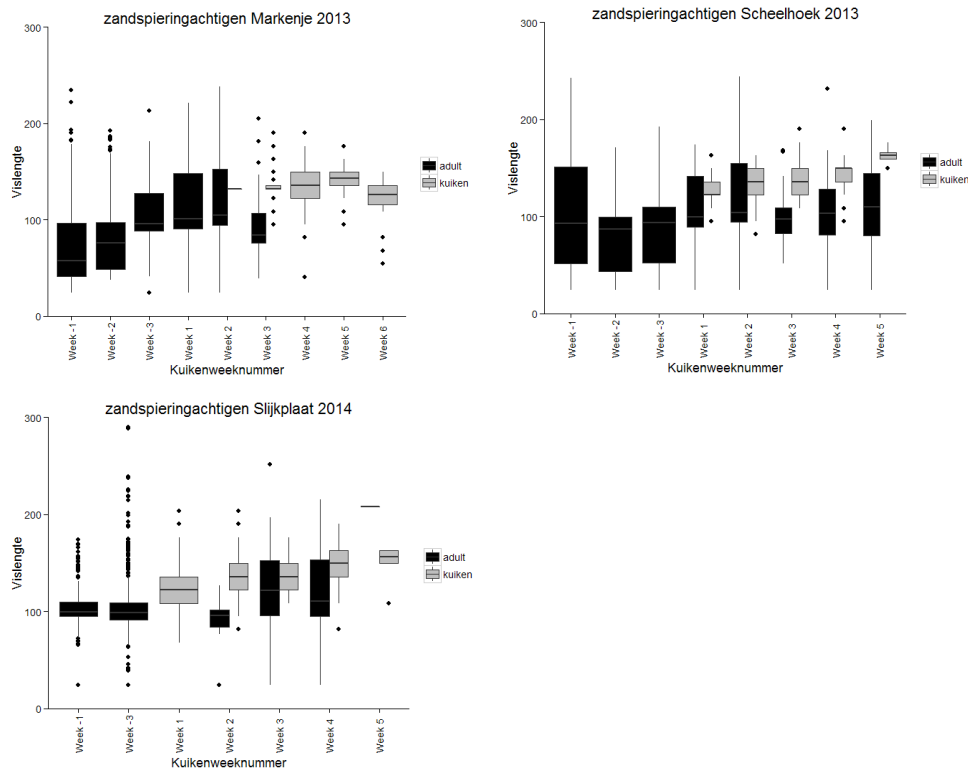


Figuur 4.5.1.11 Percentage zandspieringachtigen in het adulte dieet (zwarte lijnen en symbolen) en kuikendieet (rode lijnen en symbolen) van grote sterns per levensweek van de kuikens (linker figuren) en het energetische equivalent hiervan (rechter figuren).

De Figuren 4.5.1.12 en 4.5.1.13 geven per levensweek van de kuikens de lengte van de haringachtigen en zandspieringachtigen in het dieet van adulte en juveniele grote sterns weer. Hieruit blijkt duidelijk dat grote sternkuikens stevast grotere prooien krijgen dan wat de adulten zelf opeten. Dit geldt zowel voor haringachtigen als voor zandspieringachtigen. Zeker bij haringachtigen is het verschil tussen de prooilengtes van de adulte en de oudervogels zelfs groter dan de toename van de lengtes met de vordering van het broedseizoen.



*Figuur 4.5.1.12 Lengte van de haringachtigen in het adulte dieet (zwart) en kuikendieet (grijs) van grote sterns per levensweek van de kuikens.*



Figuur 4.5.1.13 Lengte van de haringachtigen in het adulte dieet (zwart) en kuikendieet (grijs) van grote sterns per levensweek van de kuikens.

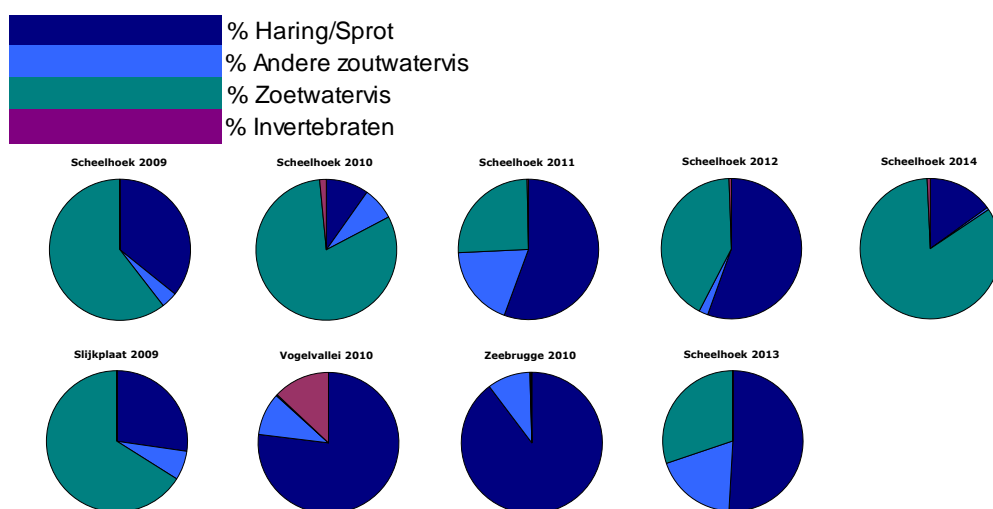
## 4.5.2 Voedseleecologie visdief

### 4.5.2.a Dieetsamenstelling kuikens visdief

Figuur 4.5.2.1 geeft de procentuele dieetsamenstelling (op basis van aantallen) van visdiefkuikens weer voor alle onderzochte kolonies in alle jaren. In 2009 en 2010 kregen de pulli op de Scheelhoek duidelijk meer zoetwatervis dan in de daaropvolgende jaren. Vanaf 2010 bleef het percentage haringachtigen vrij constant tussen de 50 en 55% van de aangebrachte prooien. Ook op de Slijkplaat bestond het dieet in 2009 voor ongeveer twee derde uit zoetwatervis. De relatief hoge percentages zoetwatervis in de twee kolonies in het Haringvliet (Scheelhoek en Slijkplaat) zijn het gevolg van de meer landinwaartse ligging van de kolonies en het feit dat de visdieven relatief gemakkelijk aan zoetwatervis kunnen komen bij de Haringvlietssluzen. De vogels van de Scheelhoek en de Slijkplaat gaan erg vaak voor de Haringvlietssluzen foerageren tijdens eb, wanneer er gespuid wordt. Veel van de zoetwatervissen worden dan ook aangebracht tijdens laagwater.

De kuikens in de Vogelvallei kregen in 2010 dan weer nagenoeg uitsluitend vissen uit het zoute milieu te eten, wat ook te maken heeft met de ligging van deze kolonie vlak bij de Noordzee en een geringere aanwezigheid van zoetwatervis in de omgeving. Visdieven waren in de onderzochte kolonies duidelijk veel minder afhankelijk van zandspiering en andere zoutwatervis voor het grootbrengen van hun kuikens. Alleen in de Vogelvallei in 2010 bestond het dieet voor een iets groter aandeel (8%) uit zandspiering.

In 2014 bestond 84% van de aangebrachte vissen op de Scheelhoek uit zoetwatervis, het hoogste percentage sinds het begin van de metingen in 2009. Hierbij ging het voornamelijk om baarzen en in mindere mate om voorns. Haringachtigen maakten slechts 15% van het dieet uit. Het percentage zoetwatervis is vergelijkbaar met dat in 2010, de baarzen waren in 2014 echter veel groter dan in 2010.



*Figuur 4.5.2.1 Procentuele dieetsamenstelling van kuikens in alle visdiefkolonies in het Deltagebied waar protocollen vanuit een schuilhut werden gemaakt in de periode 2009-2014.*

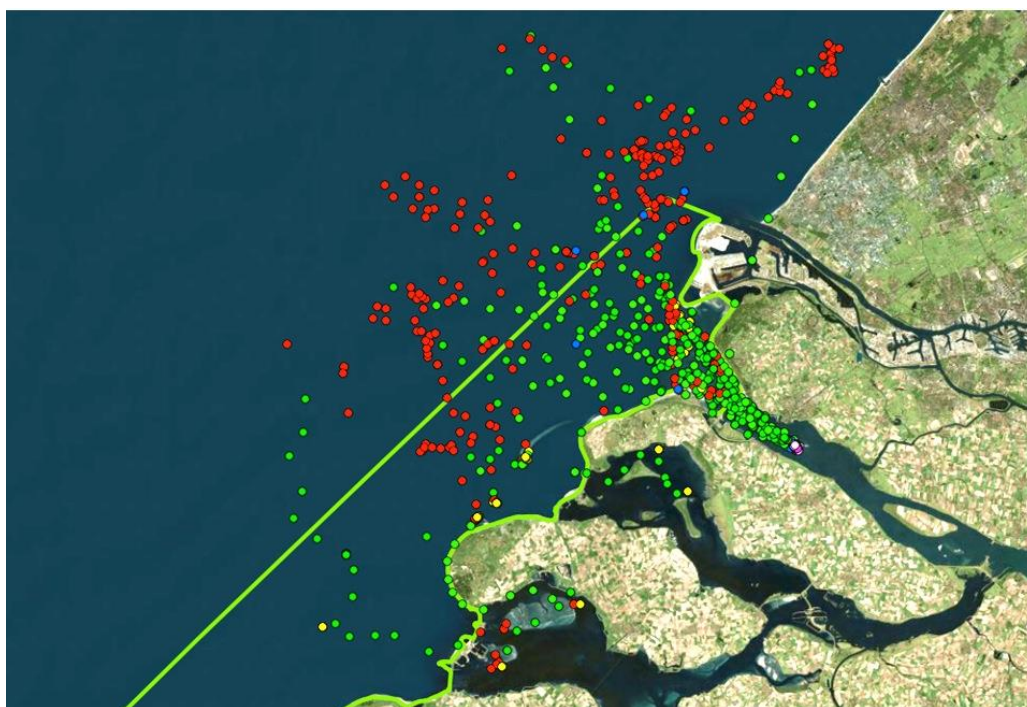
## 4.6 Gebiedsgebruik en gedrag grote sterns via GPS-logger onderzoek

### *Habitatgebruik en foerageertrip-parameters grote sterns met GPS-loggers*

Grote sterns broedden in 2014 op de Slijkplaat en maakten foerageertochten binnen het ingestelde bodembeschermingsgebied en Natura 2000-gebied maar meestal (ver) daarbuiten (figuur 4.6.1). Van alle compleet gelogde vluchten ( $n = 16$ ) ging 63% buiten het bodembeschermingsgebied en 38% tot buiten het Natura 2000-gebied. Voor alle vluchten samen ( $n = 40$ ) was dit respectievelijk 68 en 51%.

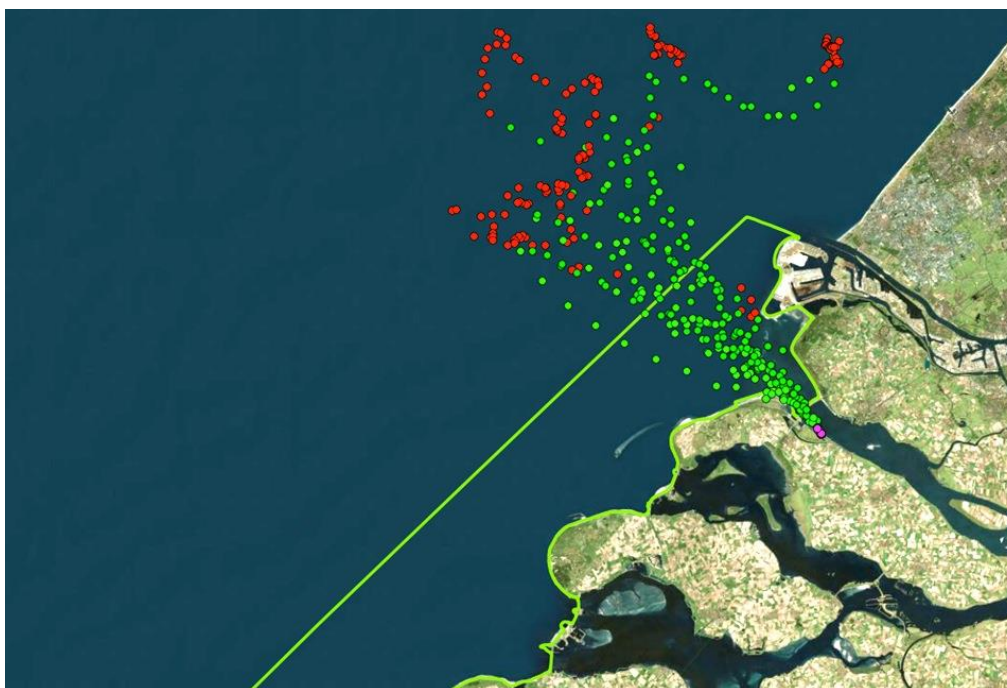
Inspectie van het ruimtelijke verspreidingsbeeld van grote sterns met GPS-loggers in de verschillende onderzoekjaren (in 2012 en 2013 zat de kolonie op het dichterbij de

Voordelta gelegen Scheelhoek) laat geen eenduidige verschillen tussen jaren zien (figuur 4.6.2 voor 2013, figuur 4.6.3 voor 2012 en figuur 4.6.4 alle drie de jaren cumulatief weergegeven). In 2012 leken de sterns dicht bij de kust te blijven dan in andere jaren. Het jaar 2013 lijkt eruit te springen, maar dit komt doordat dit gebaseerd is op maar één kuiken voerend individu met een zeer consequente foerageer-plekkeuze. In 2014 waaierden de vogels dus uit over het hele zeegebied en foerageerden voornamelijk buiten het Natura 2000-gebied.

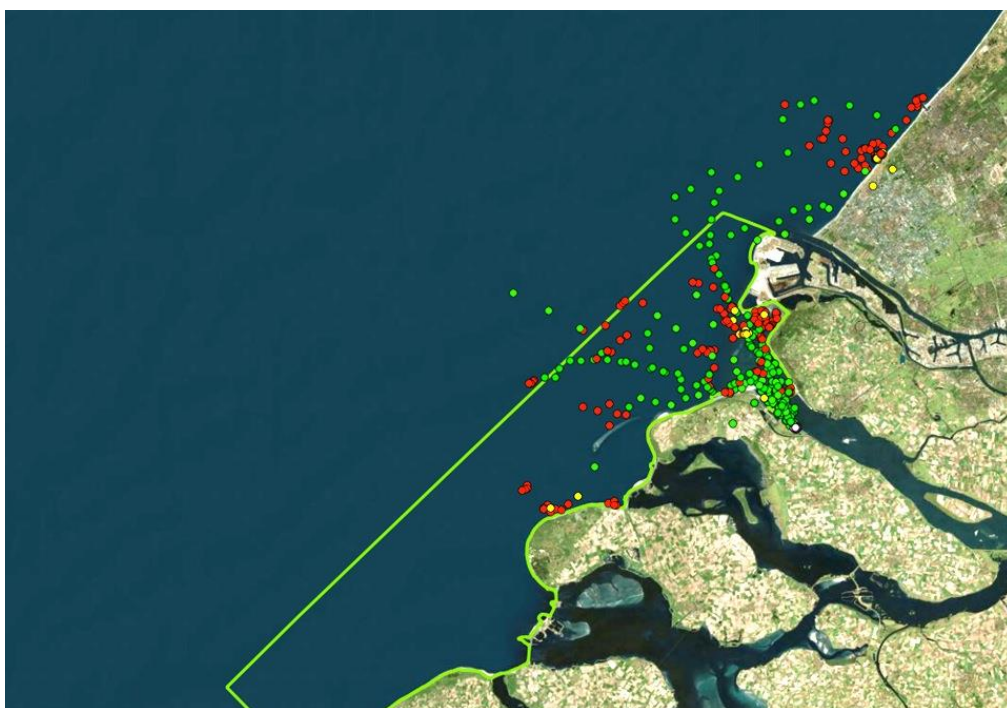


*Figuur 4.6.1 Kaart met alle vastgelegde GPS-posities van kuikenvoerende grote sterns met GPS-loggers in 2014. De doorgetrokken groene lijn is de grens van het Natura 2000-gebied Voordelta, het bodembeschermingsgebied ligt daar binnen. Rode stippen zijn foerageermomenten, gele rusten en groene vliegen.*

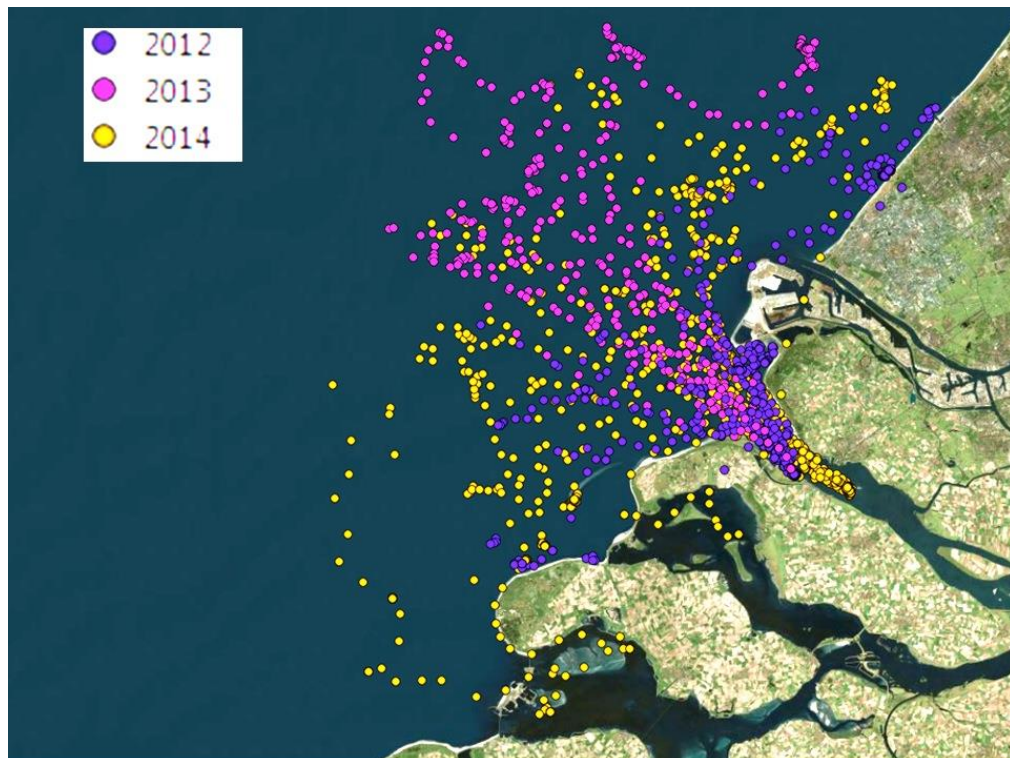




*Figuur 4.6.2 Kaart met alle vastgelegde GPS-posities van kuiken voerende grote sterns met GPS-loggers in 2013. De doorgetrokken groene lijn is de grens van het Natura 2000-gebied Voordelta, het bodembeschermingsgebied ligt daar binnen. Rode stippen zijn foerageermomenten, gele rusten en groene vliegen.*



*Figuur 4.6.3 Kaart met alle vastgelegde GPS-posities van kuiken voerende grote sterns met GPS-loggers in 2012. De doorgetrokken groene lijn is de grens van het Natura 2000-gebied Voordelta, het bodembeschermingsgebied ligt daar binnen. Rode stippen zijn foerageermomenten, gele rusten en groene vliegen.*



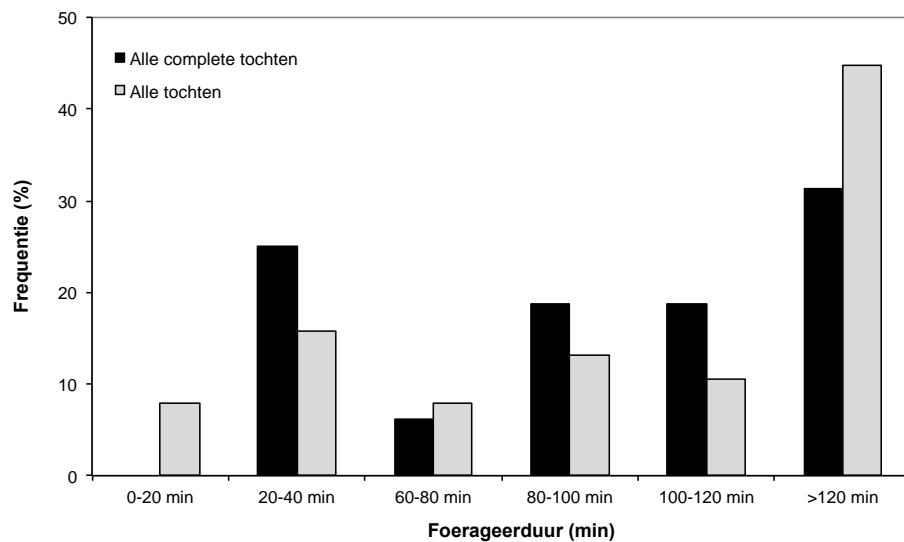
*Figuur 4.6.4 Cumulatieve kaart met alle vastgelegde GPS-posities van kuiken voerende grote sterns met GPS-loggers in de jaren 2012, 2013 en 2014.*

Op basis van de GPS posities zijn voor alle tochten triplengte (km), tripduur (min) en maximale afstand buiten de kolonie (km) berekend (tabel 4.6.1). Deze gegevens zijn indicatief voor de foerageerefficiëntie en –investering van individuele sterns. In sommige gevallen zijn tochten niet helemaal compleet (van begin tot eind) opgeslagen op de loggers, omdat deze geprogrammeerd zijn om maar een klein deel van de dag te werken (4, 8 of 12 uur, afhankelijk van het geprogrammeerde schema). De kans dat een tocht incompleet wordt opgeslagen is groter tijdens langere tochten, omdat de kans voor deze tochten groter is dat ze buiten de werktijd van de loggers vallen. Hierdoor is het van belang om de analyses te splitsen tussen complete tochten en incompleet tochten. Van alle complete tochten waren de meeste langer dan een uur en met een lengte van ongeveer 50 km. Voor alle tochten samen was bijna de helft langer dan twee uur (figuur 4.6.5 – 4.6.7, respectievelijk 2014, 2013 en 2012), echter ook de meeste tochten waren van dezelfde lengte (figuur 4.6.8 – 4.6.10, respectievelijk 2014, 2013 en 2012).

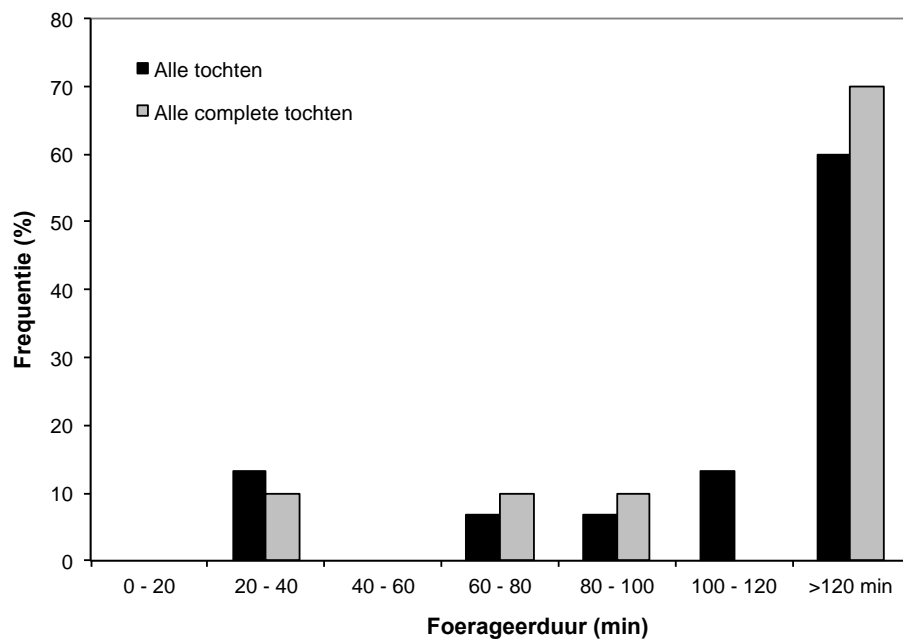
**Tabel 4.6.1** *Triplengte, tripduur en maximale afstand buiten de kolonie van alleen de complete tochten en van alle tochten samen van kuiken voerende grote sterns op de Scheelhoek in 2012 en 2013 en de Slijkplaat in 2014.*

	<i>Complete tochten (n = 16)*</i>	<i>Alle tochten (n = 40)*</i>
Gemiddelde triplengte	49,5 ± 30,8 km (15,9 – 121,1)	48,7 ± 30,2 km (8,1 – 128,0)
Maximale afstand uit kolonie	21,1 ± 0,0 km (8,3 – 34,8)	25,2 ± 12,8 km (1,4 – 47,7)
Gemiddelde tripduur	104,9 ± 67,0 min. (31 – 271)	134,1 ± 109 min. (10 – 515)
Buiten grenzen N2000**	38%	51%
Buiten grenzen BBG***	63%	68%

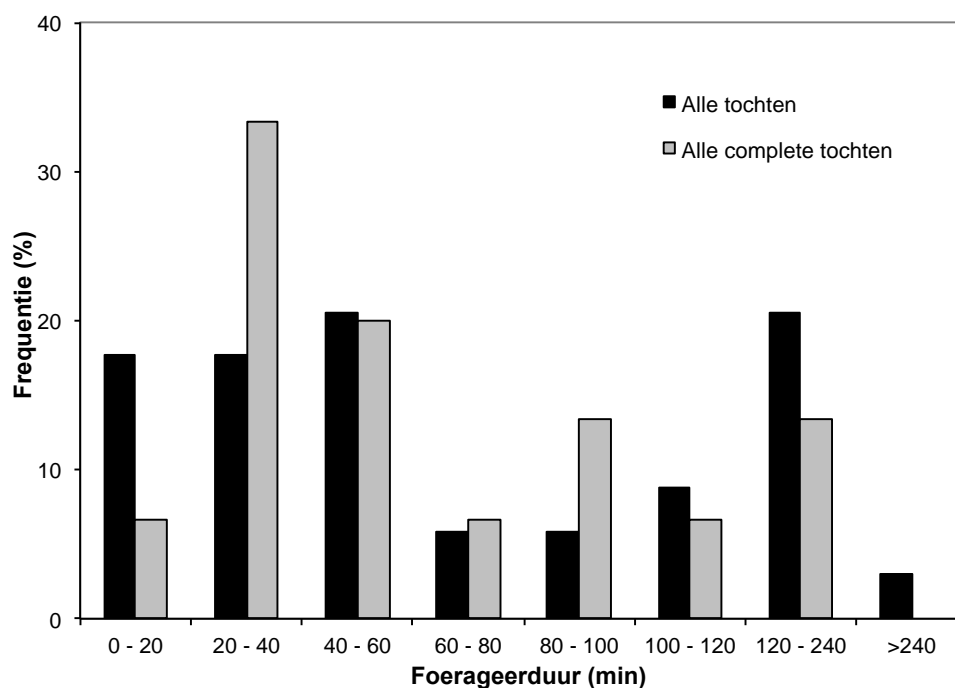
- gem. ± sd (min – max), \*\* N2000 = Natura 2000-, \*\*\* BBG = Bodembeschermingsgebied



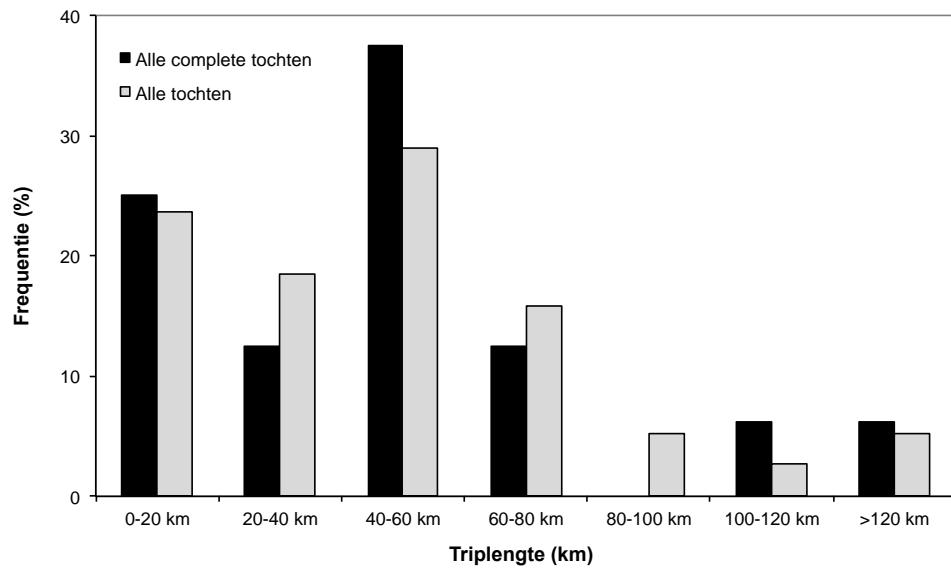
**Figuur 4.6.5** *Frequentiediagram van foerageerduur van kuiken voerende grote sterns met GPS-loggers in 2014 verdeeld voor complete tochten (n = 16) en alle tochten samen (n = 40).*



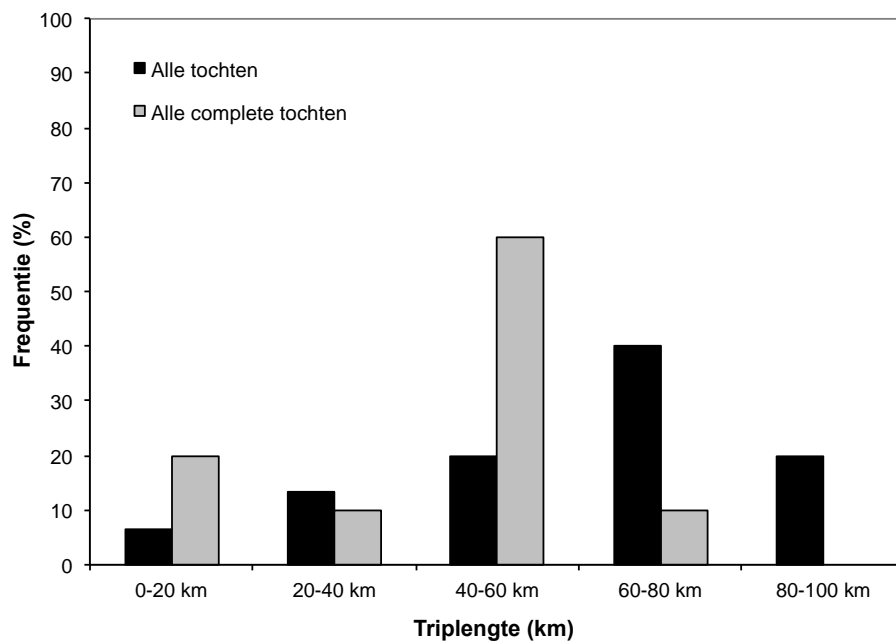
*Figuur 4.6.6 Frequentiediagram van foerageerduur van kuiken voerende grote sterns met GPS-loggers in 2013 verdeeld voor complete tochten (n = 10) en alle tochten samen (n = 15).*



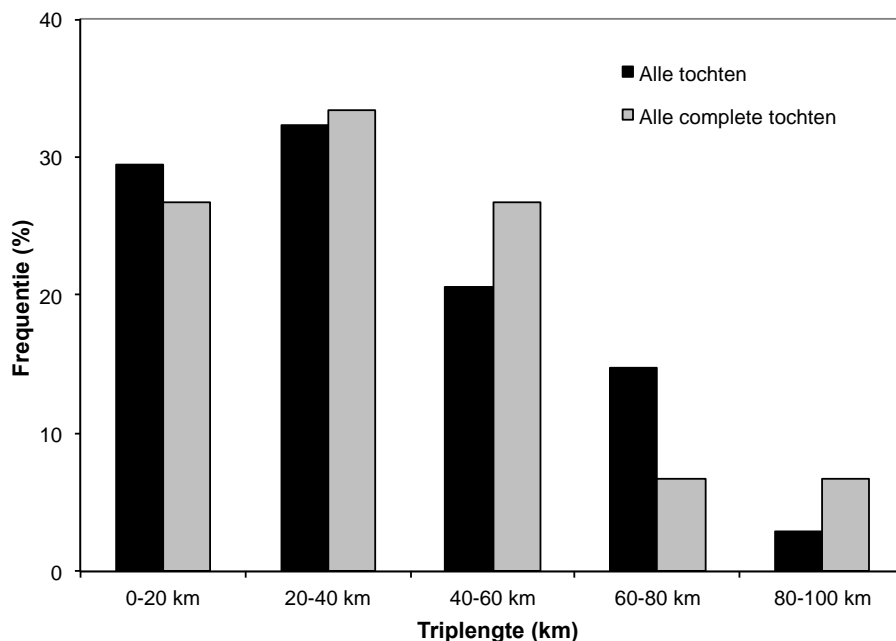
*Figuur 4.6.7 Frequentiediagram van foerageerduur van kuiken voerende grote sterns met GPS-loggers in 2012 verdeeld voor complete tochten (n = 15) en alle tochten samen (n = 34).*



**Figuur 4.6.8** Frequentiediagram van triplengte van kuiken voerende grote sterns met GPS-loggers in 2014 verdeeld voor complete tochten ( $n = 16$ ) en alle tochten samen ( $n = 40$ ).



**Figuur 4.6.9** Frequentiediagram van triplengte van kuiken voerende grote sterns met GPS-loggers in 2013 verdeeld voor complete tochten ( $n = 10$ ) en alle tochten samen ( $n = 15$ ).



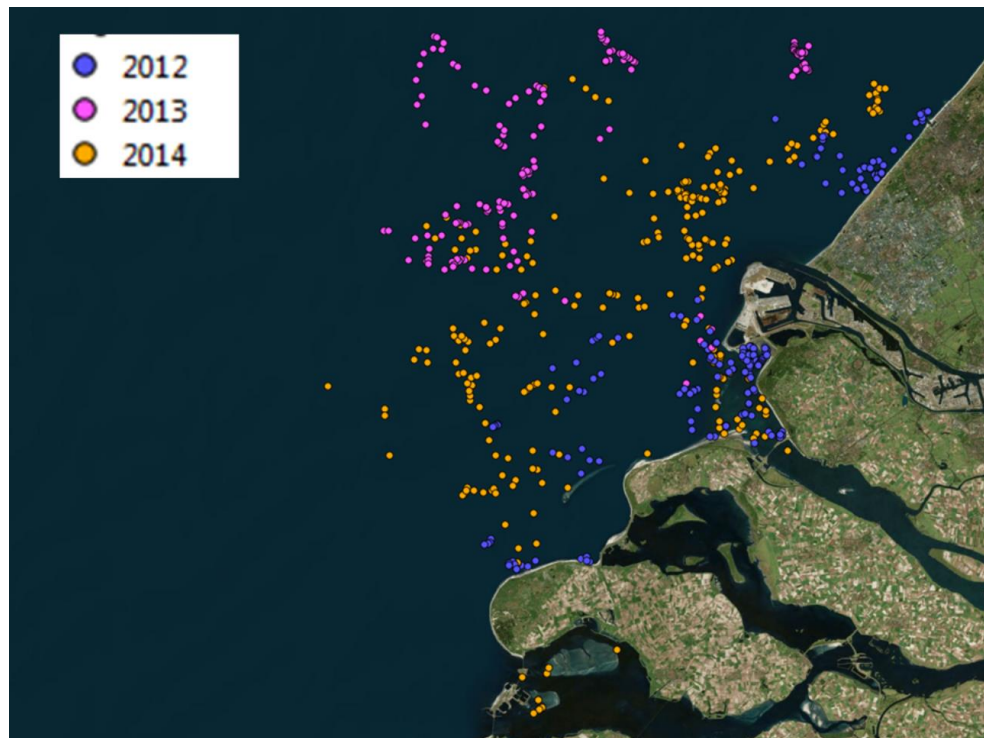
*Figuur 4.6.10 Frequentiediagram van triplengte van kuiken voerende grote sterns met GPS-loggers in 2012 verdeeld voor complete tochten ( $n = 15$ ) en alle tochten samen ( $n = 34$ ).*

#### *Foerageerlocaties van adulte broedende grote sterns met GPS-logger*

Op basis van het cumulatieve kaartbeeld van alle foerageerlocaties van grote sterns met GPS-loggers lijken de vogels uit 2012 dichterbij te foerageren dan in de andere jaren. De vogel uit 2013 ging uitzonderlijk ver uit de kust in vergelijking met de vogels uit 2014 (figuur 4.6.11). Het foerageergebied van GPS-logger vogels, broedend in het Haringvliet, ligt tussen de noordkust van Schouwen in het zuiden en de Zandmotor in het noorden.

#### *Rustlocaties en het gebruik van rustgebieden door adulte broedende grote sterns met GPS-logger*

In 2012 en 2014 bleken zes vogels tijdens tien foerageertochten te rusten (10 van de 41 tochten - 20%, figuur 4.6.12). Meestal waren dit korte stops van minder dan vijf minuten, echter één vogel bleef gedurende 49 minuten rusten op een plaat. Gerust werd er op de platen in het Hinderplaatgebied, de Verklipperplaat, de Platen van het Watergat, de Zandmotor, de Kwade Hoek, de Bollen van de Ooster, de kolonie op Markenje en in de eigen kolonie.



Figuur 4.6.11 Kaart met alle foerageerlocaties van alle grote sterns met GPS-loggers opgesplitst per jaar.



Figuur 4.6.12 Kaart met alle rustlocaties van alle grote sterns met GPS-loggers opgesplitst per jaar. De vogel ver op zee kan op het water hebben gedobberd of waarschijnlijker op een boei even gerust hebben (zoals waargenomen vanuit het vliegtuig).





## 5 Samenvatting van de bevindingen in 2014

### 5.1 Algemeen

Hieronder worden algemene conclusies getrokken op grond van de hier gepresenteerde gegevens van het nieuwe toegevoegde T1 seizoen 2013/2014. Omdat in dit “tussenjaar 2014” geen uitgebreide analyse van de data heeft plaatsgevonden in relatie tot andere factoren (zoals onderzocht in de andere percelen binnen het onderzoeksprogramma PMR-NCV) wordt hier geen doorvertaling gemaakt naar de negen onderzoekshypothesen, de onderzoeksvragen en de specifieke MEP-vragen ten aanzien van de zee-eenden. Dit zal in een latere fase in 2016 plaatsvinden.

### 5.2 Zee-eenden

#### *Aantallen*

In de periode oktober 2013 t/m mei 2014 waren tot maximaal ca. 1.100 zwarte zee-eenden in de Voordelta aanwezig. Met dit seizoenmaximum lijkt het er inderdaad op dat de hoge aantallen in het voorjaar 2013 in de Voordelta een opmerkelijke uitschieter waren, mogelijk veroorzaakt door een lokale, hoge voedsel-beschikbaarheid. Het beeld in dit laatste seizoen past in het algemene beeld dat gedurende de T1 de Voordelta steeds minder belangrijk is geworden als overwinteringsgebied.

De referentietellingen in maart en april 2014 van de Noordzeekustzone langs de Waddeneilanden lieten op beide momenten een opmerkelijk verspreidingsbeeld zien, waarbij verstoring door menselijke invloed een prominente rol lijkt te hebben gehad. In maart 2014 betrof het verstoring door een opmerkelijk grote vloot garnalenkotters die dicht onder de kust actief was en daarmee de zee-eenden naar diepere waters leek te hebben verdreven. In april 2014 werd de grootste concentratie zee-eenden op een ongewone plek tussen Vlieland en Terschelling gevonden, waarbij de vogels ook duidelijk veel verstoring gevoeliger waren voor het surveyvliegtuig. Waarschijnlijk had dit te maken met de gehele week daarvoor gehouden militaire laagvliegactiviteiten voor de kust van Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog.

#### *Gebruik rustgebieden*

De aantallen vogels gebruik makend van de rustgebieden in de Voordelta in het seizoen 2013/2014 passen in het lange termijn beeld van lagere overwinterende aantallen binnen beide ingestelde rustgebieden ten opzichte van de T0.

### 5.3 Sterns

#### *Grote stern*

In 2014 was een grote kolonie (3.090 broedparen) gevestigd op de Slijkplaat, midden in het Haringvliet. Een kleinere kolonie (330 broedparen) was aanwezig op Markenje in de Grevelingen. In beide kolonies werd een hoog broedsucces (respectievelijk 0,64 en 0,73 jongen/paar) gehaald. Dit is het gevolg van een combinatie van een hoge legselgrootte, een hoog uitkomstsucces en een gemiddeld tot hoog uitvliegsucces.

In 2014 werd zowel op Markenje als op de Slijkplaat gevreesd voor sterke ei-predatie, in het eerste geval omwille van de geringe koloniegrootte en op de Slijkplaat vanwege de vrij talrijke nesten van bruine ratten rond de kolonie. In beide kolonies gingen echter nauwelijks nesten verloren door predatie van eieren.

In 2014 waren op de Slijkplaat de aangevoerde haringachtigen al in de eerste levensweek van de kuikens relatief groot en ook het grootst van alle onderzoekjaren. Door het broedseizoen heen bleef de gemiddelde grootte ongeveer gelijk. Ook de aangevoerde zandspieringachtigen waren in de eerste levensweek van de kuikens vrij groot. Dit duidt er op dat de voedselsituatie gunstig was. De grote sterns waren hierdoor in staat, hoewel broedend op een eiland veel verder van de Voordelta dan in eerdere jaren, tot een goed broedsucces te komen.

Het onderzoek met behulp van GPS-loggers heeft laten zien dat de foerageervluchten voor de jongen niet alleen binnen het Natura 2000-gebied Voordelta blijven. Ruim 30% gaat tot buiten het Natura 2000-gebied, een beeld dat bekend is op grond van de waarnemingen vanuit het vliegtuig.

#### *Visdief*

In 2014 werd alleen de kolonie op de Scheelhoek door middel van een enclosure gevolgd. Hier werd het hoogste broedsucces sinds het begin van het onderzoek genoteerd (1,67 jongen/paar). Dit was het gevolg van een combinatie van zowel de hoogste legselgrootte, uitkomstsucces als uitvliegsucces, die tot nu toe werden gemeten. Deze bevinding past in het beeld van de grote variatie in het broedsucces tussen de verschillende Delta-kolonies binnen de jaren. Hoewel de legselgrootte en het uitkomstsucces vaak vergelijkbaar zijn binnen jaren, kan vooral het uitvliegsucces sterk verschillen.

## 6 Literatuur

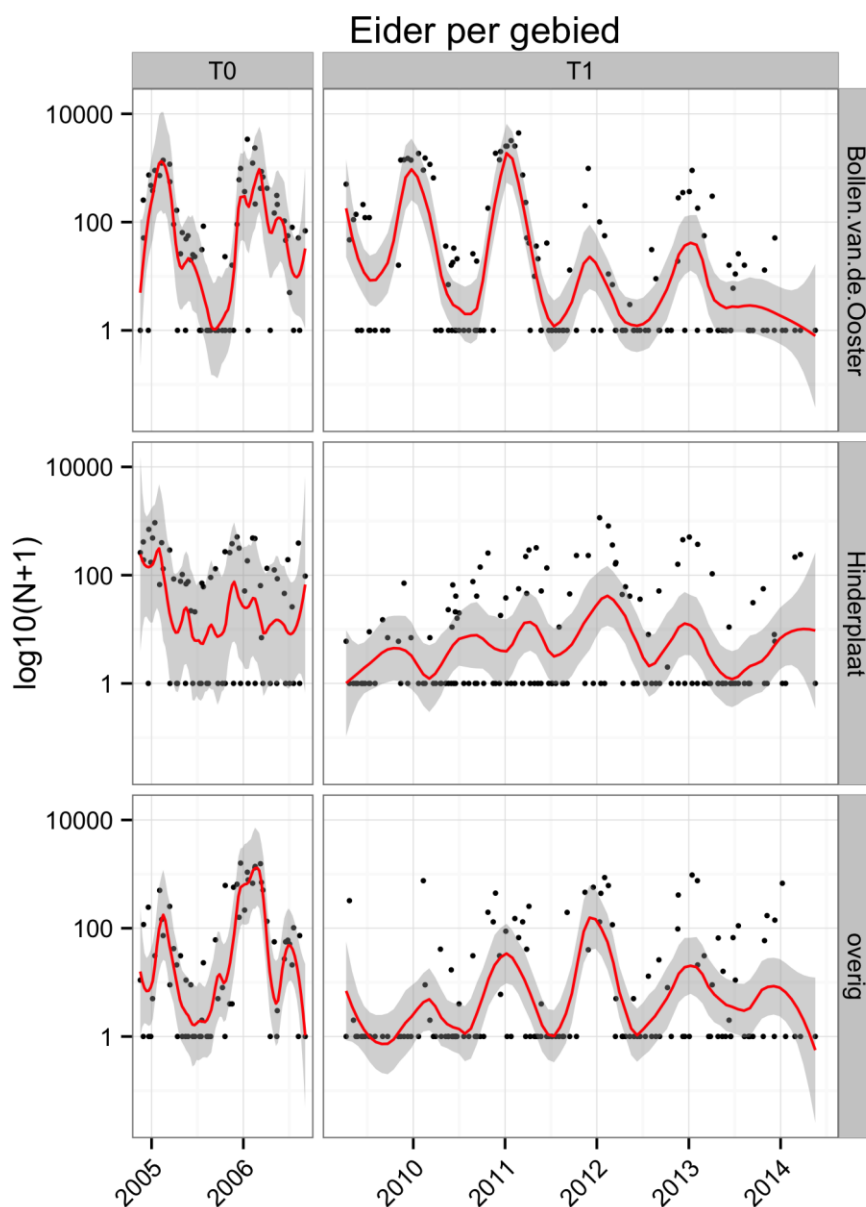
- Becker, P.H.; Brenninkmeijer, A.; Frank, D.; Stienen, E.W.M.; Todt, P. (1997). The reproductive success of common terns as an important tool for monitoring the state of the Wadden Sea. Wadden Sea Newsletter 1: 37-41.
- Beukema, J., 1997. Calorific values of marine invertebrates with an emphasis on the soft parts of marine bivalves. Oceanography and Marine Biology: an annual review 35: 387 – 414.
- Brenninkmeijer, A. & Stienen, E.W.M. 1992. Ecologisch profiel van de grote stern (*Sterna sandvicensis*). RIN-rapport 92/17. Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek, Arnhem.
- Camphuysen C.J. & Leopold, M.F. 1994. Atlas of seabirds in the southern North Sea. IBN Research report 94/6, NIOZ Report 1994-8, Institute for Forestry and Nature Research, Netherlands Institute for Sea Research and Dutch Seabird Group, Texel.
- Camphuysen, K.J., Fox, A.D., Leopold, M.F. & Petersen, I.K. 2004. Towards standardised seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K.: a comparison of ship and aerial sampling methods for marine birds, and their applicability to offshore wind farm assessments. NIOZ report to COWRIE (BAM – 02-2002), Texel, 37pp.
- Dean, B.J., Webb, A., McSorley, C.A. & Reid, J.B., (2003), Aerial surveys of UK inshore areas for wintering seaduck, divers and grebes: 2000/01 and 2001/02, JNCC Report 333, ISSN 0963 8091
- Gremillet, D., Dell'Omo, G., Ryan, P.G., Peters, G., Ropert-Coudert, Y. & Weeks, S.J. 2004. Offshore diplomacy, or how seabirds mitigate intra-specific competition: a case study based on GPS tracking of Cape gannets from neighbouring colonies. Marine Ecology Progress Series 268: 265-279.
- Gyimesi, A., Boudewijn, T.J., Poot, M.J.M. & Buijs, R-J. 2011. Habitat use, feeding ecology and breeding success of Lesser black-backed gulls in Lake Volkerak. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Hastie T. & Tibshirani, R., 1990. Generalized Additive Models, Chapman and Hall.
- Heunks C., Leopold, M., Poot, M.J.M., Lilipaly, S.J. & Beuker, D. 2009. Trend, current status and ecology of common scoters *Melanitta nigra* in the Voordelta, the Netherlands. Abstract of poster in: Stienen Eric, Norman Ratcliffe, Jan Seys, Jurgen Tack, Jan Mees and Ingrid Dobbelaere (Eds). 2009. Seabird Group 10th International Conference. Provincial Court, Brugge, 27-30 March 2009. Book of abstracts - VLIZ Special Publication 42. Communications of the Research Institute for Nature and Forest – INBO.M.2009.1. Research Institute for Nature and Forest (INBO), Brussels, Belgium –Flanders Marine Institute (VLIZ). Oostende, Belgium. viii + 68p.
- Hoekstein M.S.J., Lilipaly, S.J. & Meininger, P.L. 2003. Vliegtuigtellingen van watervogels en zeezoogdieren in de Voordelta, 2002/2003 met gegevens van zeehonden in de Oosterschelde en Westerschelde. Rapport RIKZ/2003.046. Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, Middelburg.
- Holzhauser, H., Prins, T. & Boon, A. 2010. Hypothesedocument MEP NCV. Te toetsen hypothese en effectrelaties voor beantwoording aan de evaluatievragen. Intern Deltares document d.d. 21 juli 2010, 79 pp.
- Kay, D. G. & Brafield, A.E. 1973. The Energy Relations of the Polychaete *Neanthes* (= *Ne-reis*) *virens* (Sars). Journal of Animal Ecology 42: 673-692.

- Kahlert, J., Desholm, M., Clausager, I. & Petersen, I.K. 2000. Environmental impact assessment of an offshore wind park at Rødsand. Technical report on birds. NERI, Rønde.
- Kraker, C. de, 2001. Verslag Hompelvoet/Markenje, Kleine Stampersplaat 2001. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de & Derks, P.J.T. 2003. Verslag Hompelvoet/Markenje, Kleine Stampersplaat 2003. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de & Derks, P.J.T. 2004. Verslag Hompelvoet/Markenje, Kleine Stampersplaat 2004. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de & Derks, P.J.T. 2005. Verslag Hompelvoet/Markenje, Kleine Stampersplaat 2005. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de 2007. Broedvogels Grevelingen – 2006. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de 2008. Broedvogels Grevelingen – 2007. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de 2009. Broedvogels Grevelingen – 2008. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de 2010. Broedvogels Grevelingen – 2009. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Kraker, C. de 2011. Broedvogels Grevelingen – 2010. Ecologisch adviesbureau Sandvicensis, Burgh-Haamstede.
- Krijgsveld K.L. , Smits R.R. & van der Winden J. 2010. Verstoringsgevoeligheid van vogels. Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie. Rapport 08-173, Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Kristensen, E., 1984. Life cycle, growth and production in estuarine populations of the polychaetes *Nereis virens* and *N. diversicolor*. Holarctic Ecology 7: 249 - 256.
- Leopold M.F., Baptist H.J.M., Wolf P.A. & Offringa H. 1995. De zwarte zeeëend *Melanitta nigra* in Nederland. Limosa 68: 49-64.
- Leopold M.F. 1996. *Spisula subtruncata* als voedselbron voor zee-eenden in Nederland. BEON Rapport nr. 96-2 BEON project IBN 95 V29. BEON, Den Haag.
- Leopold M.F. & Wolf P. 2003. Zee-eenden eten ook Ensis. Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 4(3): 5. Camphuysen, C.J. 2011. Lesser Black-backed Gulls nesting at Texel. Foraging distribution, diet, survival, recruitment and breeding biology of birds carrying advanced GPS-loggers. NIOZ-Report 2011-05. Royal Netherlands Institute of Sea Research, Den Burg, the Netherlands.
- Meininger, P.L., F.A. Arts & Swelm, N.D. van 2000. Kustbroedvogels in het Noordelijk Deltagebied: ontwikkelingen, knelpunten en potenties. Rapport RIKZ/2000.052. Middelburg.
- Parsons, M., Mitchell, I., Butler, A., Ratcliffe, N., Frederiksen, M., Foster, S. & Reid, J. B. 2008. Seabirds as indicators of the marine environment. – ICES Journal of Marine Science, 65: 1520–1526.
- Phalan, B., Phillips, R.A., Silk, J.R.D., Afanasyev, V., Fukuda, A., Fox, A., Catry, P., Higuchi, H. & Croxall, J.P. 2007. Foraging behaviour of four albatross species by night and day. Marine Ecology Progress Series 340: 271-286.

- Phillips, R.A., Xavier, J.C. & Croxall, J.P. 2003. Effects of satellite transmitters on albatrosses and petrels. *Auk* 120: 1082-1090.
- Poot M.J.M., Heunks, C., Prinsen, H.A.M., van Horssen, P.W. & Boudewijn, T.J. 2006. Zee-vogels in de Voordelta in 2004/2005 en 2005/2006. Nulmeting in het kader van Monitoring en Evaluatie Programma, Project Mainport Rotterdam - MEP MV2; Per-ceel 4: Vogels. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Poot M.J.M. *et al.* 2014. Perceel Vogels. In: Prins, T.C., van der Kolff, G.H. (eds.), 2014. PMR Monitoring natuurcompensatie Voordelta : eindrapport 1e fase 2009-2013 deel B. Deltares rapport 1200672-000-ZKS-0043
- RIKZ 2007. Natuurcompensatie Maasvlakte Twee in de Voordelta. De inzet van kennis over de ecologie en morfologie van de Voordelta om het maatregelenpakket ter compensatie van de natuur-effecten van de Tweede Maasvlakte te verantwoorden. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee rapport RIKZ/2007.006, Den Haag, NL.
- Ryan, P.G., Petersen, S.L., Peters, G. & Gremillet, D. 2004. GPS tracking a marine predator: the effects of precision, resolution and sampling rate on foraging tracks of African Penguins. *Marine Biology* 145: 215-223.
- Steiner, I., C. Burgi, S. Werffeli, G. Dell'Omo, P. Valenti, G. Troster, D.P. Wolfer & H-P. Lipp, 2000. A GPS-logger and software for analysis of Ho-ming in Pigeons and Small Mammals. *Physiology & Behaviour* 71: 589-596.
- Stienen E.W.M. 2006. Living with gulls : trading off food and predation in the Sandwich Tern *Sterna sandvicensis* Wageningen : Alterra, 2006. - 192p. (Alterra scientific contributions ; 15), Proef-schrift Rijksuniversiteit Groningen.
- Stienen, E.W.M. & Brenninkmeijer, A. 1992. Ecologisch profiel van de visdief (*Sterna hirundo*). RIN-rapport 92/18. Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek, Arnhem.
- Stienen, E.W.M.; Brenninkmeijer, A. 1999. Keep the chicks moving: how Sandwich Terns can mini-mize kleptoparasitism by Black-headed gulls. *Anim. Behav.* 57: 1135-1144.
- Stienen, E.W.M. & A. Brenninkmeijer, 2006. Effects of brood size and hatching sequence for pre-fledg-ing mortality in Sandwich Terns: why lay two eggs? *Journal of Ornithology* 147: 520-530.
- Stienen E.W.M. & Brenninkmeijer, A. 2002. Variation in growth in sandwich tern chicks *Sterna sandvicensis* and the consequences for pre- and post-fledging mortality. *Ibis* 144(4): 567-576.
- Stienen, E., Courtens, W., Vanermen, N., Verstraete, H. 2013. Terns as health indicators for the pelagic realm. In proceeding of the Waterbird Society 37th Annual Meeting, Wilhemshaven.
- Tulp, I.Y.M., Craeymeersch J.A.M., Leopold M.F., Damme C.J.G. van, Fey F. & Verdaat, J.P. 2010. The role of the invasive bivalve *Ensis directus* as food source for fish and birds in the Dutch coastal zone. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 90 (3): 116 - 128.
- Vanaverbeke, J., Franco, M.A., Remerie, T., Vanreusel, A., Vincx, M., Moodley, L., Soetaert, K., van Oevelen, D., Courtens, W., Stienen, E., Van de Walle, M., Deneudt, K., Vanden Berghe, E., Draisma, S., Hellemans, B., Huyse, T., Volckaert, F.A.M.J. & Van den Eynde, D. 2007. Higher trophic levels in the southern North Sea "TROPHOS": Final report EV/25. Belgian Science Policy: Brussel. 89 pp.,
- Vanaverbeke J, Braarup Cuykens A, Braeckman U, Courtens W, Cuveliers E, Deneudt K, Goffin A, Hellemans B, Huyse T, Lacroix G, Larmuseau M, Mees J, Provoost P, Rabaut M, Remerie T, Savina M, Soetaert K, Stienen EWM,

- Verstraete H, Volckaert F. & Vincx M. 2011. Understanding ben-thic, pelagic and airborne ecosystem in-teractions in shallow coastal seas. "WestBanks". Final Report. Brussels: Belgian Science Policy Office 2011 – 82 p.
- Vandenabeele, S.P., Shepard, E.L., Grogan, A. & Wilson, R.P. 2011a. When three per cent may not be three per cent; device-equipped seabirds experience variable flight constraints. *Marine Biology* 159(1): 1-14.
- Veen, J. 1977. Functional and causal aspects of nest distribution in colonies of Sandwich Tern (*Sterna s.sandvicensis* Lath.). Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.
- Weimerskirch, H., Bonadonna, F., Bailleul, F., Mabile, G., Dell'Omo, G. & Lipp, H.P. 2002. GPS Track-ing of Foraging Albatrosses. *Science* 295: 1259-1259.
- Weimerskirch, H., Pinaud, D., Pawlowski, F. & Bost, C-A. 2007. Does prey capture induce area-restricted search? A fine-scal study using GPS in a Marine Predator, the Wandering Albatross. *The American Naturalist* 170(5): 734-743.
- Wickham, H. 2009. ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer New York.
- Zavalaga, C.B., Alfaro-Shigueto, J. & Dell'Omo, G. 2010. First GPS-Tracks of Peruvian Diving-petrel and Inca Terns in Southern Peru. Report presen-ted to the Pacific Seabird Group Conservation Small-grant Program. Nagoya, Japan, Nagoy University.Dänhardt, A. & Becker, P. 2011a. Does small-scale vertical distribution of juvenile schooling fish affect prey availability to surface-feeding seabirds in the Wadden Sea? 65(2): 247-255.

## BIJLAGE 1: Eidereenden in de Voordelta



**Figuur B1.1** Aantalsverloop van eiders in de twee aangewezen rustgebieden (boven en midden) en in de overige gebieden in Voordelta in de T0 periode (november 2004 t/m augustus 2006; boven) en de T1 periode (november 2008 t/m mei 2014; beneden) op basis van alle beschikbare vliegtuigtellingen. Weergegeven is een loess/lowes smoothing trendlijn met een 95% betrouwbaarheidsinterval (Wickham 2009, Hastie & Tibshirani 1990). De y-as is op log-schaal.

## BIJLAGE 2: Lot en predatiekansen van sternenuikens en -eieren

### *Grote stern: Effect van legvolgorde op lot en conditie*

Grote sterns brengen ook in het geval dat ze twee eieren leggen slechts héél zelden twee kuikens groot. Dit kwam bijvoorbeeld in totaal slechts tweemaal voor in 10 jaar onderzoek in Zeebrugge en 5 jaar in het Deltagebied. Daarom is het relevanter om te kijken naar het lot en de conditie van het kuiken dat de meeste kans maakt het vliegvlug stadium te bereiken dan naar alle kuikens. Meestal is dit het kuiken uit het eerst gelegde ei van een twee-legsel (het zogenaamde A-ei/A-kuiken) en kuikens uit één-legsels.

Tabel B2.1 geeft de procentuele verliesoorzaken weer in de ei- en kuikenfase en het percentage uitgevlogen kuikens voor alle eieren van nesten waarvan de legvolgorde bekend is. Hieruit blijkt duidelijk dat B-eieren veel vaker verlaten worden dan A-eieren. Dikwijls is het zo dat adulten het B-ei in de steek laten nadat het eerste kuiken is uitgekomen. Ook één-legsels werden veel vaker verlaten dan A-eieren. Dat werd ook al gevonden op Griend (Stienen *et al.* 2006), maar het verschil is in dit onderzoek nog meer uitgesproken. Mogelijke verklaringen daarvoor zijn dat ouders die maar 1 ei leggen in slechtere conditie zijn en daardoor eerder geneigd zijn hun ei te verlaten, of dat ouders met maar 1 ei minder ervaren ouders zijn.

Kuikens uit een B-ei van een twee-legsel worden nagenoeg nooit vliegvlug (tabel B2.2). Alleen in 2013 gebeurde dit in drie gevallen en in 2014 in 2 gevallen, telkens nadat het kuiken uit het eerste ei was gestorven. Het uitvliegpercentage (% van de uitgekomen eieren dat ook daadwerkelijk een uitvliegend jong oplevert) voor kuikens uit A-eieren en één-legsels verschilt nauwelijks, vooral de verliesoorzaken zijn verschillend (minder predatie bij de twee-legsels).

Voor de analyses van de kuikenconditie in de hoofdtekst werden kuikens uit B-eieren niet meegenomen (behalve als ze vliegvlug werden), omdat hun steevast slechte conditie (tabel B2.3) het beeld zou vertroebelen.

*Tabel B2.1 Procentuele verliesoorzaken in de ei- en kuikenfase en het percentage uitgevlogen kuikens voor alle eieren van grote stern nesten (in alle jaren en alle kolonies) waarvan de ei-volgorde gekend is (waarbij A en B respectievelijk eerste en tweede ei van een tweelegsel zijn en 1 een één-legsel).*

Ei	Eifase		Kuikenfase		
	Verlaten etc.	Predatie	Dood gevonden	Predatie	Uitgevlogen
A	3	1	31	5	64
B	16	3	61	36	3
1	22	7	25	12	63
<b>Totaal</b>	13	4	39	19	41



**Tabel B2.2** *Uitvliegpercentage voor alle kuikens van nesten van grote sterns waarvan de ei-volgorde gekend is (waarbij A en B respectievelijk eerste en tweede ei van een tweelegsel zijn en 1 een één-legsel) per onderzochte kolonie per jaar in de Delta (2009-2014).*

	Kolonie	Jaar	A	B	1	Gemiddelde
Uitvliegsucces (%)	Scheelhoek	2009	67	0	43	39
	Scheelhoek	2010	48	0	60	30
	Scheelhoek	2012	52	0	67	38
	Scheelhoek	2013	55	18	67	43
	Slijkplaat	2014	70	7	82	46
	Markenje	2011	90	0	100	62
	Markenje	2012	71	0	50	43
	Markenje	2013	90	0	100	59
	Markenje	2014	78	0	57	41

**Tabel B2.3** *Conditie voor alle kuikens van nesten van grote sterns waarvan de ei-volgorde gekend is (waarbij A en B respectievelijk eerste en tweede ei van een tweelegsel zijn en 1 een één-legsel) per onderzochte kolonie per jaar in de Delta (2009-2014).*

Kolonie	Jaar	A	B	1	Gemiddelde
Scheelhoek/Groot Duineneiland	2009	-2,4	-5,4	-1,1	-2,4
Scheelhoek/Groot Duineneiland	2010	-0,4	-2,3	-1,8	-0,8
Markenje	2011	2,3		3,0	2,4
Scheelhoek/Betoneiland	2012	0,8	-7,5	2,1	1
Markenje	2012	4,1		3,3	3,8
Scheelhoek/Betoneiland	2013	-6,1	-10,3	-5,6	-6,6
Scheelhoek/Groot Duineneiland (naleg)	2013	8,6	4,1		7,6
Markenje	2013	0,8		4,0	1,1
Slijkplaat	2014	3,7	-4,5	3,3	2,4
Slijkplaat II (naleg)	2014	6,5	-8,2	5,6	3,2
Markenje	2014	-0,1	-21,8	-2,1	-3,4

*Visdief: effect van legvolgorde op lot en conditie*

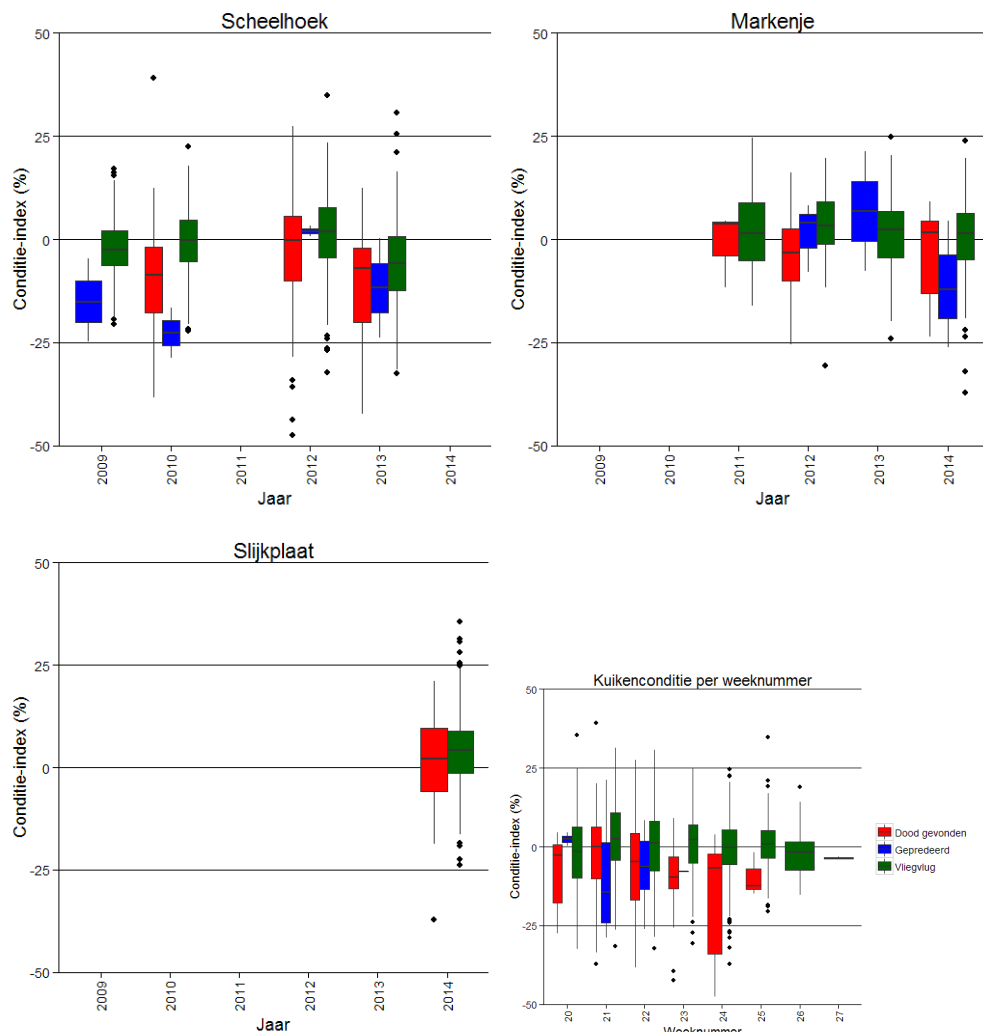
Het effect van de legvolgorde op de overleving en conditie van visdiefkuikens is veel moeilijker te onderzoeken dan bij grote sterns. Op de eerste plaats is de spreiding van het leggen van de eieren niet zo eenduidig. Vaak worden twee eieren binnen een tijdspanne van 24 uur gelegd (bij grote stern zitten hier meestal twee tot drie dagen tussen, Stienen & Brenninkmeijer 2006) waardoor kuikens vaak veel sneller na elkaar uit het ei komen. In tegenstelling tot wat bij grote stern het geval is, is het niet zo evident om twee ongeringde kuikens in hetzelfde nest te koppelen aan het ei waaruit ze komen, omdat het verschil in leeftijd en grootte vaak niet duidelijk is. Bovendien zijn visdiefkuikens al snel na het uitkomen vrij mobiel waardoor ze na een dag al in een

ander nest kunnen zitten of tussen de vegetatie waardoor ze niet aan een nest zijn te koppelen. Dit alles zorgt ervoor dat drie koloniebezoeken per week te weinig zijn om een uitspraak te doen over het effect van legvolgorde op kuikenoverleving bij visdieven. Het is dan momenteel ook onduidelijk welke invloed dit alles heeft op de gemiddelde kuikenconditie, het effect van de voedselsituatie en het uiteindelijke broedsucces van visdieven in het Deltagebied.

### **Invloed van conditie op kans op predatie**

#### *Grote stern*

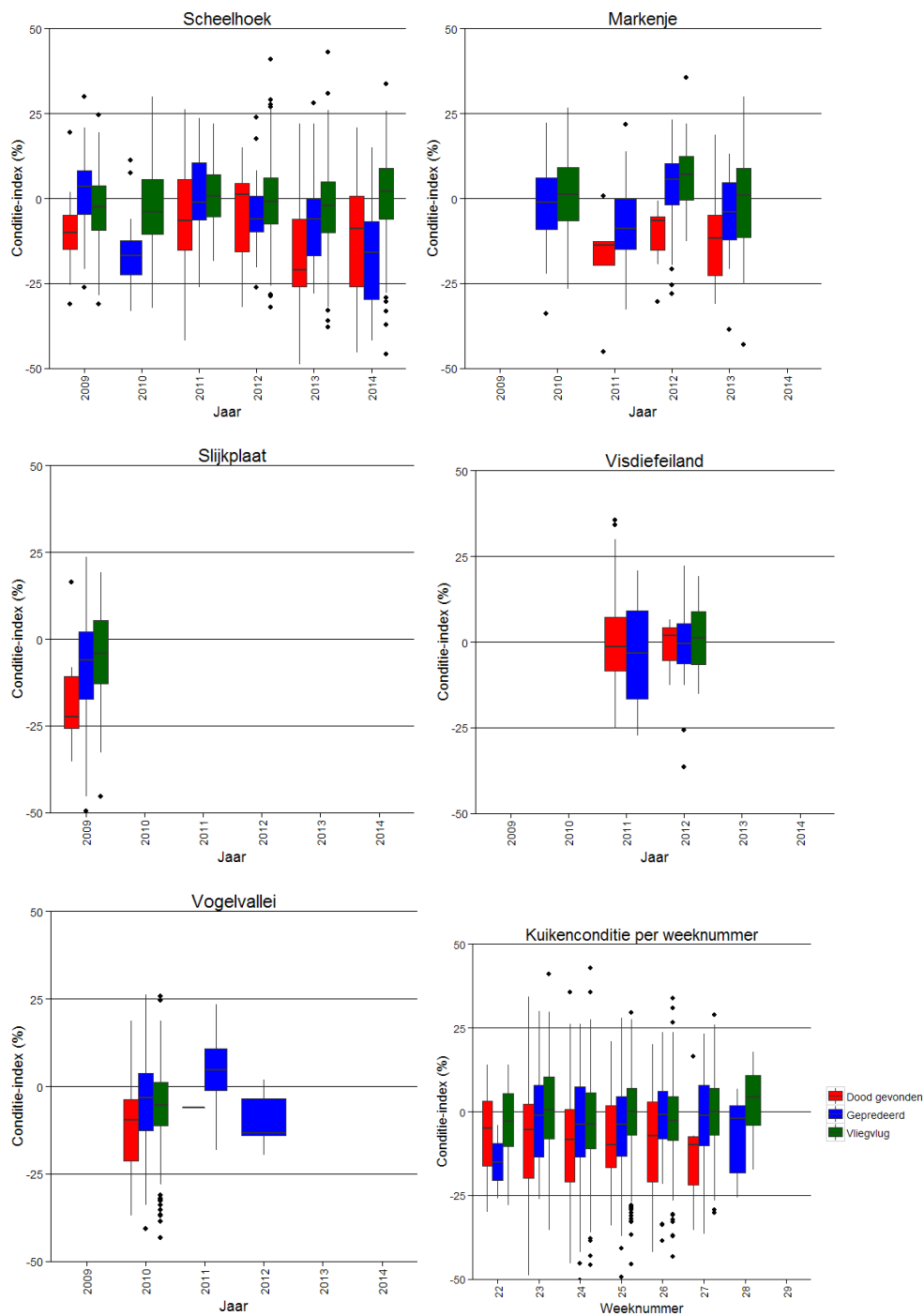
Figuur B2.1 geeft het gemiddelde van de laatste conditiemetingen van grote sternenuikens die dood werden gevonden, werden gepredeerd of vliegvlug werden in de enclosures op de Scheelhoek, op Markenje en op de Slijkplaat. Vrijwel altijd waren de dood gevonden kuikens in slechtere conditie dan de groep gepredeerde en uitgevlogen kuikens. Kuikens die gepredeerd werden verkeerden gemiddeld meestal in slechtere conditie dan kuikens die vliegvlug werden.



**Figuur B2.1** *Conditie van kuikens van grote stern uit A-eieren en één-legsels die dood werden gevonden, werden gepredeerd of uitvlogen op de Scheelhoek (linksboven), Markenje (rechtsboven) en de Slijkplaat (linksonder). De grafiek rechtsonder geeft de conditie per lot van alle kuikens (gegroepeerd over alle kolonies en alle jaren) weer per weeknummer.*

### Visdief

Figuur B2.2 geeft de condities van de dood gevonden, gepredeerde en vliegvlug geworden visdiefkuikens in de vijf onderzochte kolonies in de periode 2009 tot en met 2014. In nagenoeg alle jaren en in alle kolonies is het beeld hetzelfde. Kuikens die dood werden gevonden verkeerden in de slechtste conditie en gepredeerde kuikens verkeerden gemiddeld in een (soms veel) slechtere conditie dan kuikens die uitvlogen.



**Figuur B2.2** *Conditie van kuikens van visdief die dood werden gevonden, werden gepredeerd of uitvlogen in alle onderzochte kolonies. De grafiek rechtsonder geeft de conditie per lot van alle kuikens (gegroepeerd over alle kolonies en alle jaren) weer per weeknummer.*

### **Conclusies**

Onze resultaten geven aan dat kuikens die in slechte conditie verkeren een verhoogde kans hebben op predatie in vergelijking tot kuikens die in goede conditie verkeren. Een deel van de gepredeerde kuikens zou het waarschijnlijk niet gehaald hebben tot aan het vliegvlugge stadium of was mogelijk al dood toen ze werden gepredeerd. In veel gevallen is de invloed van predatie dus waarschijnlijk niet zo groot als uit de ruwe cijfers zou kunnen worden afgeleid, omdat het meestal de zwakkere kuikens zijn die worden gepredeerd.

De kans op predatie kan dus niet worden losgekoppeld van de heersende voedselsituatie. Bij grote sterns is dit mogelijk te wijten aan het feit dat ouders van kuikens die in slechtere conditie verkeren meer gaan foerageren waardoor de kuikens meer alleen blijven en dus vatbaarder zijn voor predatie. Bij visdieven laten de ouders hun kuikens heel frequent alleen, dus vermoedelijk speelt dit minder bij deze soort. Mogelijk zijn kuikens die in goede conditie verkeren beter in staat om zich te verbergen voor predatoren en dus minder vatbaar voor predatie. Ook kan het zijn dat kuikens in slechte conditie meer gaan rondlopen en gaan bedelen voor elke vis die wordt aangebracht (dus ook van vreemde ouders bijvoorbeeld). In deze analyse werd geen rekening gehouden met de leeftijd van de gepredeerde kuikens, noch met het moment waarop de predatie plaatsvond (periodes van slecht weer etc.).

Twee uitzonderingen vallen verder op. De Vogelvallei in 2010 en de Scheelhoek in 2009 geven een ander beeld, namelijk dat de gemiddelde conditie van de gepredeerde kuikens wel goed was. Dat heeft te maken met het type predator. Zowel in de Vogelvallei in 2010 als op de Scheelhoek in 2009 was een havik erg actief. In de Vogelvallei was er net voor het uitvliegen van de kuikens een extreem predatie-event, waarbij een havik alle kuikens in de enclosure predeerde. Ook kan de vegetatie hierbij een rol hebben gespeeld. In 2009 was de vegetatie op de Scheelhoek zeer weelderig en hoog, waardoor de kuikens wellicht genoodzaakt waren om de meer open plekken op te zoeken, waar ze dus kwetsbaarder waren voor predatie.